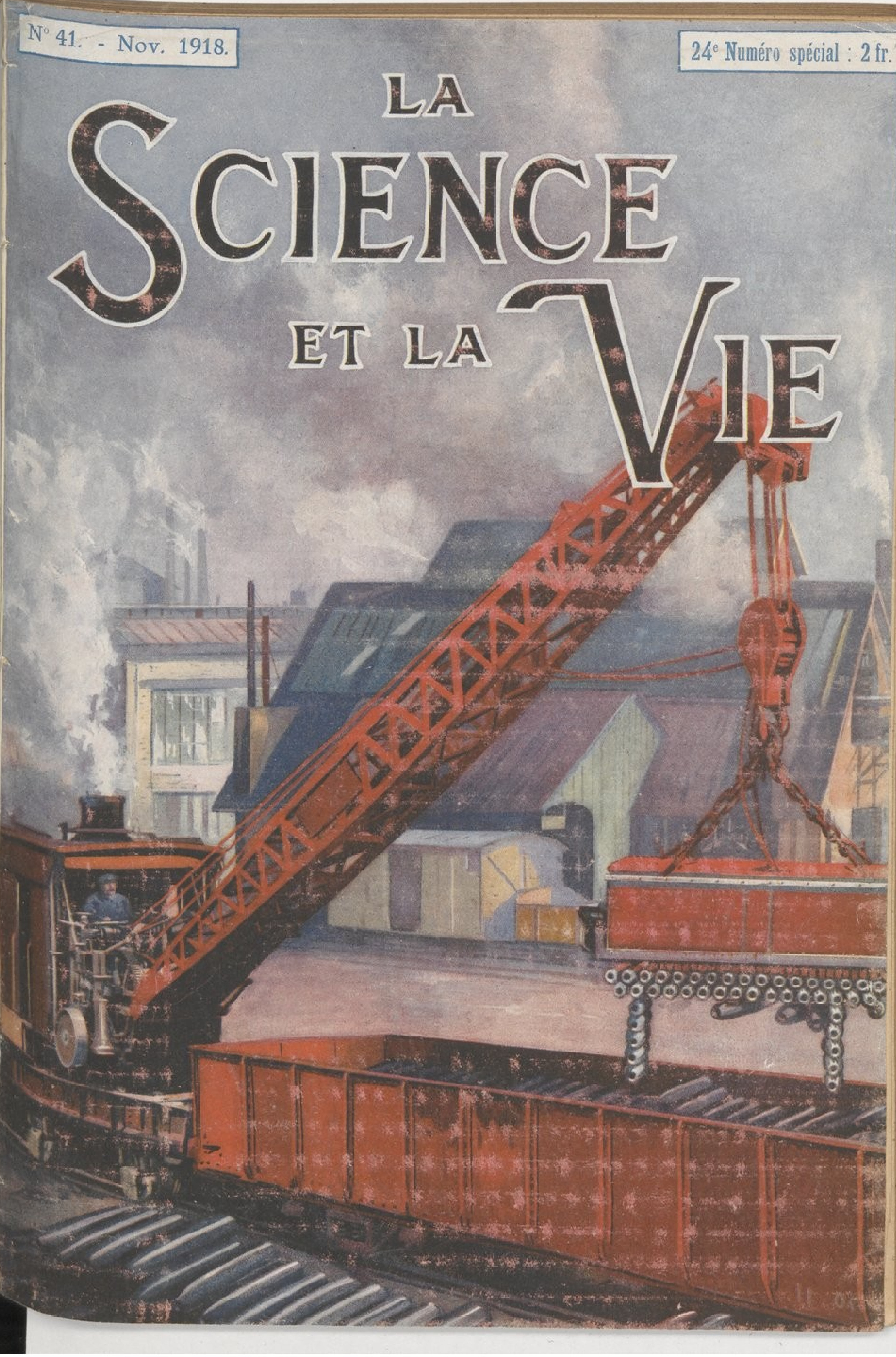
N° 41. - Nov. 1918.

24e Numéro spécial : 2 fr.

LA SCIENCE ET LA VIE



Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)

La Collection **"IN EXTENSO"** publie

UN Franc

Les MEILLEURS ROMANS CONTEMPORAINS

Complets chacun en UN ELEGANT VOLUME ILLUSTRÉ

UN Franc

132 VOLUMES PARUS :

Abel HERMANT	La Discorde.
Edouard ROD	Le Silence.
J.-H. ROSNY	L'Autre Femme.
Leon HENNIQUE	Elisabeth Couronneau.
Paul ADAM	Les Cœurs Nouveaux.
M. SERAO	L'Amour Meurtrier.
BJÖRNSON	Les Ames en Peine.
C. LEMONNIER	La Fin des Bourgeois.
Ernest DAUDET	Défroqué.
Ch. LE GOFFIC	La Payse.
G. RODENBACH	En Exil.
IBSEN	Les Revenants.
TOLSTOÏ	La Puissance des Ténèbres.
SIENKIEWICZ	Rivalité d'Amour.
C. LEMONNIER	Le Mort.
H. DE BALZAC	L'Amour Masqué.
Ed. HARAUCOURT	Amis.
Mark TWAIN	Le Cochon dans les Trèfles.
BLASCO IBANEZ	Dans les Orangers.
CONAN DOYLE	Un Duo.
Jean BERTHEROY	Lucie Guérin.
Jonas LIE	Le Galérien.
Lucien DESCAVES	Une Teigne.
Grazia DELEDDA	La Justice des Hommes.
Ed. HARAUCOURT	Les Benoît.
Ch.-H. HIRSCH	La Ville Dangereuse.
M. et A. FISCHER	Le plus petit Conscrit de France.
Paul REBOUX	Josette.
Pierre VALDAGNE	Parenthèse Amoureuse.
Charles FOLEY	Deux Femmes.
Michel PROVINS	L'Histoire d'un Ménage.
V. MARGUERITTE	Le Journal d'un Moblot.
Jean REIBRACH	A l'Aube.
P. OPPENHEIM	La Disparition de Delora.
René MAIZEROY	L'Amour Perdu.
Marcel LHEUREUX	L'Empreinte d'Amour.
HORNUNG	Stingaree.
KISTEMAECKERS	Le Relais Galant.
Paul ACKER	Un Amant de Cœur.
G. DE PEYREBRUNE	Une Séparation.
Léon FRAPIÉ	L'Enfant Perdu.
GYP	L'Amour aux Champs.
Ed. HARAUCOURT	Trumaille et Pelisson.
Alphonse ALLAIS	Le Captain Cap.
J.-H. ROSNY	Les Trois Rivales.
J. DES GACHONS	Mon Amie.
François DE NION	L'Amour défendu.
G. BEAUME	Les Amants maladroits.
Jean BERTHEROY	Le Tourment d'aimer.
Louis DE ROBERT	La Jeune Fille imprudente.
Abel HERMANT	La Petite Esclave.
KISTEMAECKERS	L'Illégitime.
Camille PERT	Passionnette Tragique.
GYP	Les Poires.
Charles FOLEY	L'Arriviste Amoureux.
René LE CŒUR	Lili.
Paul ACKER	La Classe.
GYP	Le Cricri.
H. DE RÉGNIER	Les Amants singuliers.
FABRICE et MARLE	Tribulations d'un Boche à Paris.
René MAIZEROY	Yette Mannequin.
Paul LACOUR	Cœurs d'Amants.
Michel CORDAY	Sous les Ailes.
Léon SÉCHÉ	Le Printemps du Cœur.
Jeanne LANDRE	Echalotte et ses Amants.
LA FOUCHARDIÈRE	Bicard dit le Bouif.
Michel PROVINS	Les Fées d'Amour et de Guerre.
Louis DE ROBERT	Le Prince Amoureux.
Jean REIBRACH	La Force de l'Amour.
GYP	L'Age du Mufle.
G. D'ESPARBÈS	Le Tumulte.
Charles FOLEY	La Victoire de l'Or.
BINET-VALMER	Le Gamin tendre.
Fél. CHAMPSAUR	Sa Fleur.
G. DE PAWLOWSKI	Polochon.
Annie DE PÈNE	Confidences de Femmes.
René LE CŒUR	Danseuse.
Gaston DERYS	Mars et Vénus.
CH. DERENNES	L'Amour fessé.
G. DE PEYREBRUNE	Marco.
GYP	Les Chéris.
Abel HERMANT	Daniel.
J.-H. ROSNY	Amour Etrusque.
Gabrielle REVAL	La Jolie Fille d'Arras.
WILLY	Mon Cousin Fred.
Paul FAURE	Les Sœurs Rivales.
M. VAUCAIRE	Mimi du Conservatoire.
D'ESPARBÈS	La Grogne.
René MAIZEROY	Vieux Garçon.
Camille PERT	Amour Vainqueur.
Myriam HARRY	La Pagode d'Amour.
Michel PROVINS	L'Art de Rompre.
Jeanne LANDRE	Plaisirs d'Amour.
Charles FOLEY	Amants ou Fiancés.
Michel CORDAY	Notre Masque.
CH. DERENNES	Le Béguin des Muses.
BINET-VALMER	Le Plaisir.
LA FOUCHARDIÈRE	Le Bouif tient.
GYP	Pervenche.
René LE CŒUR	Les Plages vertueuses.
Daniel RICHE	Le Mari modèle.
Jean BERTHEROY	Le Chemin de l'Amour.
Jean REIBRACH	Les Sirènes.
Jeanne MARAIS	La Carrière Amoureuse.
Jean LORRAIN	Des Belles et des Bêtes.
André LEBEY	Une Dame et des Messieurs.
G. DE PAWLOWSKI	Contes singuliers.
Fél. CHAMPSAUR	Jeunesse.
VAUCAIRE et LUQUET	Mademoiselle X..., souris d'hôtel.
Gabrielle RÉVAL	La Bachelière.
Max. FORMONT	Le Sacrifice.
Maur. MONTÉGUT	Les Clowns.
Annie DE PÈNE	L'Evadée.
Rémy S^{t}-MAURICE	Temple d'Amour.
René MAIZEROY	Après.
Charles LE GOFFIC	Passions Celtes.
René LA BRUYÈRE	Le Roman d'une épée.
Gaston DERYS	L'Amour s'amuse.

DERNIERS PARUS :

ANDRÉ DE LORDE	Cauchemars.
CHARLES DERENNES	Les Enfants sages.
AUGUSTE GERMAIN	Les Maquillés.
GYP	Entre la Poire et le Fromage.
FRANCIS DE MIOMANDRE	Pantomime Anglaise.

La Renaissance du Livre — **EN VENTE PARTOUT** Librairies, Kiosques, Marchands de Journaux, Grands Magasins, Bibliothèques des Gares, etc. — **78, B^{d} St-Michel, Paris** (VI^{e})

Édité par "LA SCIENCE ET LA VIE"

CARTE ETHNOGRAPHIQUE DE L'EUROPE CENTRALE ET DES ÉTATS BALKANIQUES

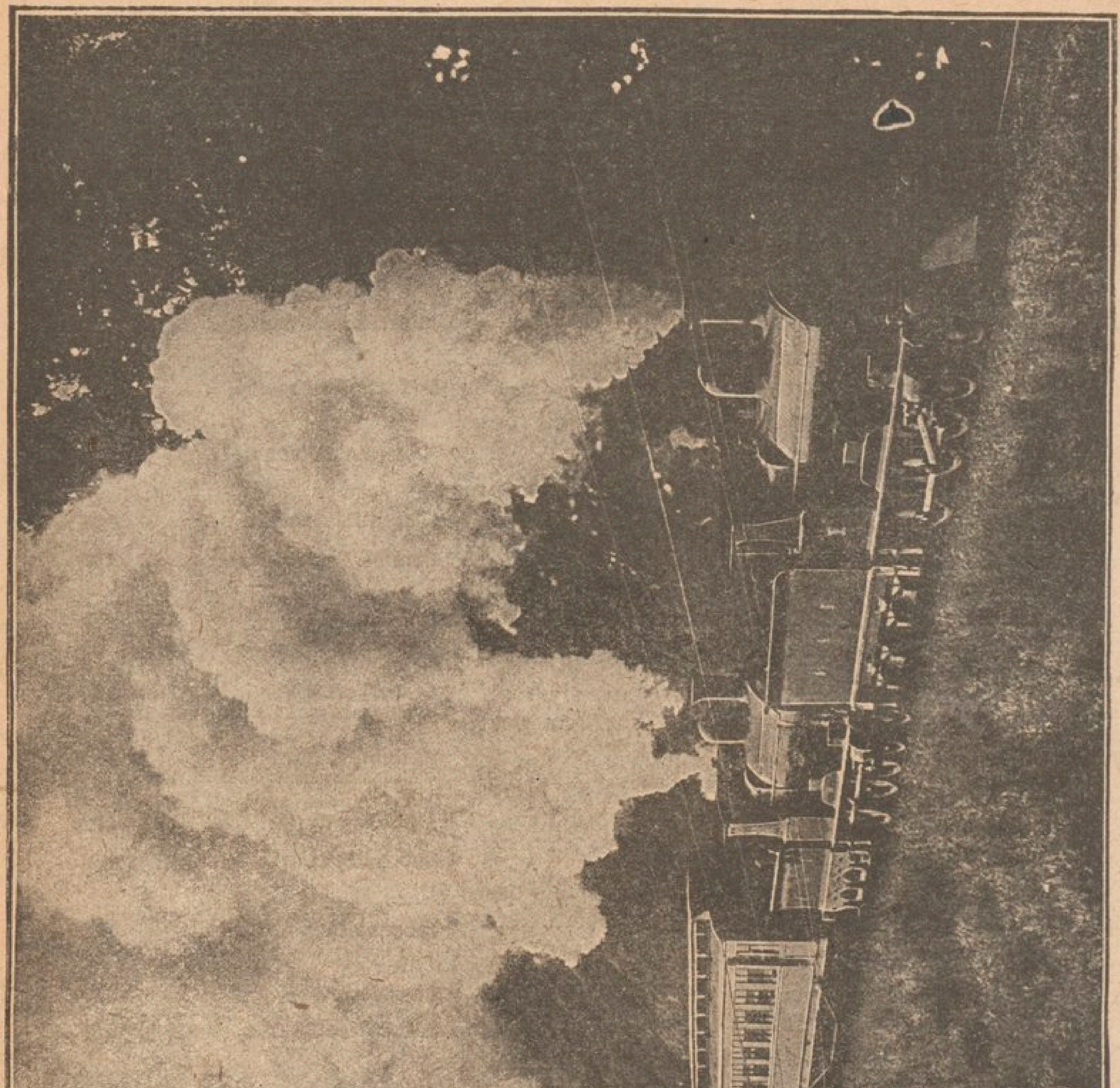
Numéro 41.
OCTOBRE-NOVEMBRE 1918

No 41. # SOMMAIRE Tome XIV.

(OCTOBRE-NOVEMBRE 1918)

Les grandes voies ferrées transcontinentales	G. de Raymondy	387
La sécurité en avion assurée par le parachute	Georges Houard	401
La téléphonie sans fil et avec fils sur les longues distances	Cyril Berthomier	411
« Universal City », la ville protéiforme américaine du cinématographe	André Lescarboura	425
La culture des moisissures microscopiques des livres et des gravures	Ludovic Janesson	433
L'électro-aimant employé comme appareil de levage	Constantin Reboul	439
Le vent, comme la houille blanche, est une force motrice économique	Gérard Puyramont	447
Les chars d'assaut français	Camille Legras	457
Le pantographe appliqué à la broderie mécanique		464
Le pétrole lampant et les huiles lourdes dans les moteurs d'automobiles	César Verchelles, Ing. des Arts et Manufactures	465
Comment on lance un navire : par l'arrière, par le côté, etc	F. Dupré-Gillard, Ancien Ingénieur de la Marine	469
Classification des locomotives par le système Whyte	Alphonse Curly	479
Nos bateaux frigorifiques	Gabriel Surdont	483
L'utilisation des déchets industriels et des ordures ménagères	Jacques Boyer	491
Les laves volcaniques servent à de multiples usages	Charles Juvigny	505
La propulsion électrique des navires	J.-L. Méreville	515
Les nouveaux procédés de fabrication des engrenages	Xavier Pozières	519
L'utilisation des gaz des fours à coke	François Balthier	527
Matériel de campagne extra-léger		534
Les obus à air liquide	Louis Fidulin	535
Les aménagements perfectionnés des ponts et passerelles de navires	F. de Beaucourt	539
La précision en mécanique	Camille Libermont, Ing. des Arts et Manufactures	543
Chargeurs de houille automatiques	Félix Delord	551
Les fours d'usines et les étuves à chauffage électrique	J.-B. Vermeulen	555
Tirage rapide des clichés photographiques		560
Au seuil de la victoire : battu sur tout le front occidental, l'ennemi sollicite un armistice		561
Les alliés triomphent aussi sur les fronts orientaux : Les Bulgares demandent la paix		567
La guerre sur mer et dans les airs		571
Chronologie des faits de guerre sur tous les fronts		574

HORS TEXTE : Carte ethnographique de l'Europe centrale et des Etats balkaniques.



TRAIN DE LUXE SUR UNE RAMPE DANS LA TRAVERSÉE DU CONTINENT AUSTRALIEN, DE FREMANTLE A SYDNEY, VIA ADÉLAIDE-MELBOURNE

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous.

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 11 francs, Etranger, 18 francs

Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.

Copyright by La Science et la Vie *Octobre 1918.*

Tome XIV — Octobre-Novembre 1918 — Numéro 41

LES GRANDES VOIES FERRÉES TRANSCONTINENTALES

Par Godefroy de RAYMONDY

Les circonstances de la guerre actuelle, laquelle nécessite d'immenses transports d'hommes et de matériaux et met en conflit les ambitions coloniales de puissants Etats, ont, de nouveau, attiré l'attention sur les grandes voies ferrées construites pour permettre la traversée de bout en bout des continents formant l'ancien et le nouveau monde.

L'Europe seule n'est parcourue d'un bout à l'autre dans aucun sens par une voie ferrée située sur le territoire d'une même puissance ou gérée par une administration unique, car la Compagnie internationale des Wagons-Lits, qui fait circuler des trains entre Lisbonne, Paris et Petrograd ou Constantinople, emprunte, pour chaque parcours, des réseaux appartenant à un grand nombre d'administrations différentes et indépendantes.

CÉCIL RHODES

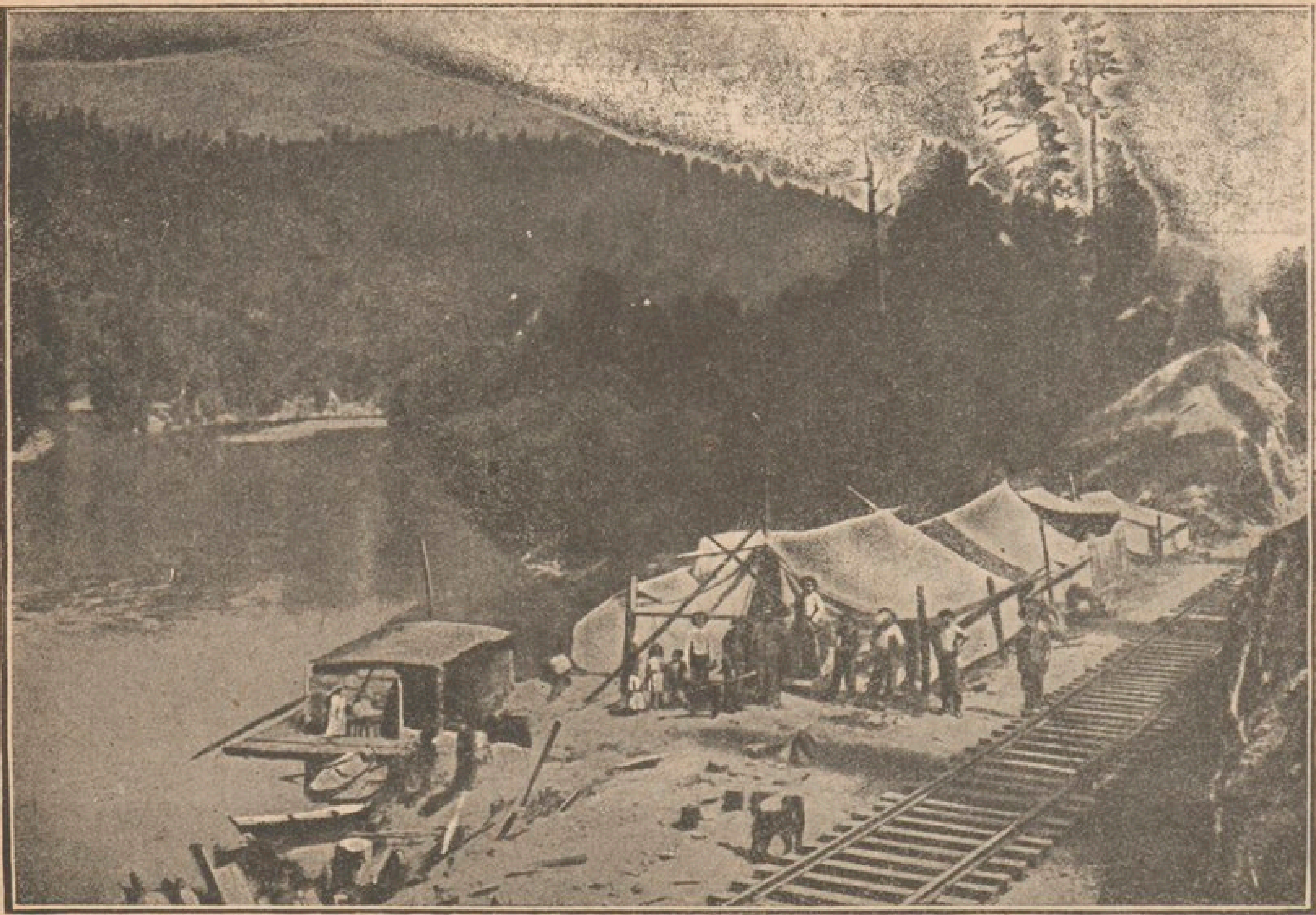
Il fut le promoteur de la ligne du chemin de fer du Cap au Caire. — Il mourut en 1902.

Le premier grand chemin de fer transcontinental répondant à la définition que nous en avons donnée ci-dessus, a été construit aux Etats-Unis sous le nom qu'il porte encore aujourd'hui d'Union Pacific Railroad. Les premiers travaux en furent commencés en 1863, dans le but de relier New-York à San-Francisco à travers le Continent américain en passant par Council Bluffs (Voir la carte à la page 390). Tous nos lecteurs connaissent depuis leur enfance cette voie ferrée que Jules Verne a magistralement décrite dans son immortel *Tour du Monde en quatre-vingts jours.*

Cette entreprise paraissait alors une téméraire folie, car on ne possédait pas à cette époque les moyens d'exécution rapides actuellement en usage pour les travaux de terrassement, de pose des voies et de percement des tunnels.

Malgré les difficultés prévues, les promoteurs du projet : Collis P. Huntington, Leland Stanford et Thomas C. Durant, obtinrent l'appui du gouvernement et ils eurent la bonne fortune de trouver en Theodore D. Judah un ingénieur d'un grand savoir et d'une rare énergie qui parvint à triompher de tous les obstacles techniques.

Le tracé était partagé en deux grandes sections : le Central Pacific Railroad, de Council Bluffs à Ogden (aujourd'hui Union Pacific Railroad) et l'Union Pacific Railroad d'Ogden à Sacramento (ac-



CAMPEMENT D'UNE ÉQUIPE D'OUVRIERS TRAVAILLANT A LA POSE DE LA VOIE SUR UN RÉSEAU TRANSCONTINENTAL AMÉRICAIN

Aujourd'hui, on emploie des machines à poser les voies qui fournissent un avancement très rapide.

tuellement Western Pacific Railroad).

La ligne actuelle de l'Union Pacific Railroad part de Council Bluffs, sur la rive gauche du Missouri, principal affluent du Mississipi. Elle traverse la rivière sur un immense pont métallique pour gagner Omaha, sur la rive droite, d'où elle se dirige vers l'est, à travers le Nebraska, le Wyoming, l'Utah, le Nevada, la Californie et atteint Sacramento, puis San Francisco. De cette dernière ville à Omaha, il y a 2.900 kilomètres de distance et il fallait traverser de vastes territoires occupés par des Indiens Peaux-Rouges hostiles. Les Sioux se signalèrent par une résistance que l'on ne put vaincre que par une véritable guerre de guérillas, conduite par le major Frank J. North. Parmi les principales difficultés techniques vaincues, signalons la traversée du grand lac Salé, qui a exigé la construction d'un remblai de 24 kilomètres et d'un pont de bois long de 19 kilomètres, dont la plate-forme surplombe de 6 mètres les eaux du lac. Ce travail fut exécuté après l'ouverture à l'exploitation, sur l'initiative du financier Harriman, pour supprimer la boucle longeant la rive sud du lac. Ce fut encore lui qui fit remplacer 600 kilomètres de rampes et de courbes trop dures et trop raides par une voie de déviation de 525 kilomètres seulement, d'un profil beaucoup plus facile.

Le 10 mai 1869, MM. Leland Stanford et Thomas Durant, présidents des Conseils d'administration de l'Union Pacific Railroad et du Central Pacific Railroad, dont la réunion formait le nouveau transcontinental, procédèrent à la pose des derniers crampons d'or dans une traverse en laurier poli, qui assurait la jonction des rails des deux compagnies. Les entrepreneurs avaient employé pendant six ans, 25.000 hommes et 5.000 chars à bœufs. La dépense s'était élevée à 575 millions de francs, soit 200.000 francs par kilomètre.

Sur la rive gauche du Missouri, il n'y avait, pour atteindre New-York, qu'à faire passer les trains sur une des lignes reliant Council Bluffs aux grands centres de l'Est, déjà desservis par de nombreux chemins de fer : Des Moines, Chicago, Toledo, Cleveland, etc. Aujourd'hui, la Compagnie de l'Union Pacific Railroad

exploite près de 6.000 kilomètres de lignes et possède 871 locomotives, 594 voitures à boggies et 23.000 wagons à marchandises. Omaha, qui comptait à peine quelques habitations en 1863, en renferme 125.000. Un grand embranchement part de Denver (Colorado), centre minier très important, vers Kansas City, sur le Missouri.

Depuis cette époque, plusieurs transcontinentaux ont été ouverts aux Etats-Unis. Bien que certains d'entre eux aient donné lieu à de difficiles travaux, il n'en est pas moins vrai que leurs constructeurs ont largement profité de l'expérience acquise par les hardis pionniers qui avaient établi l'Union Pacific. Parmi ces lignes, quatre méritent surtout de fixer l'attention. Ce sont, en allant du Nord vers le Sud : le Great Northern, le Northern Pacific, l'Atchison Topeka & Santa Fe Railroad et le Southern.

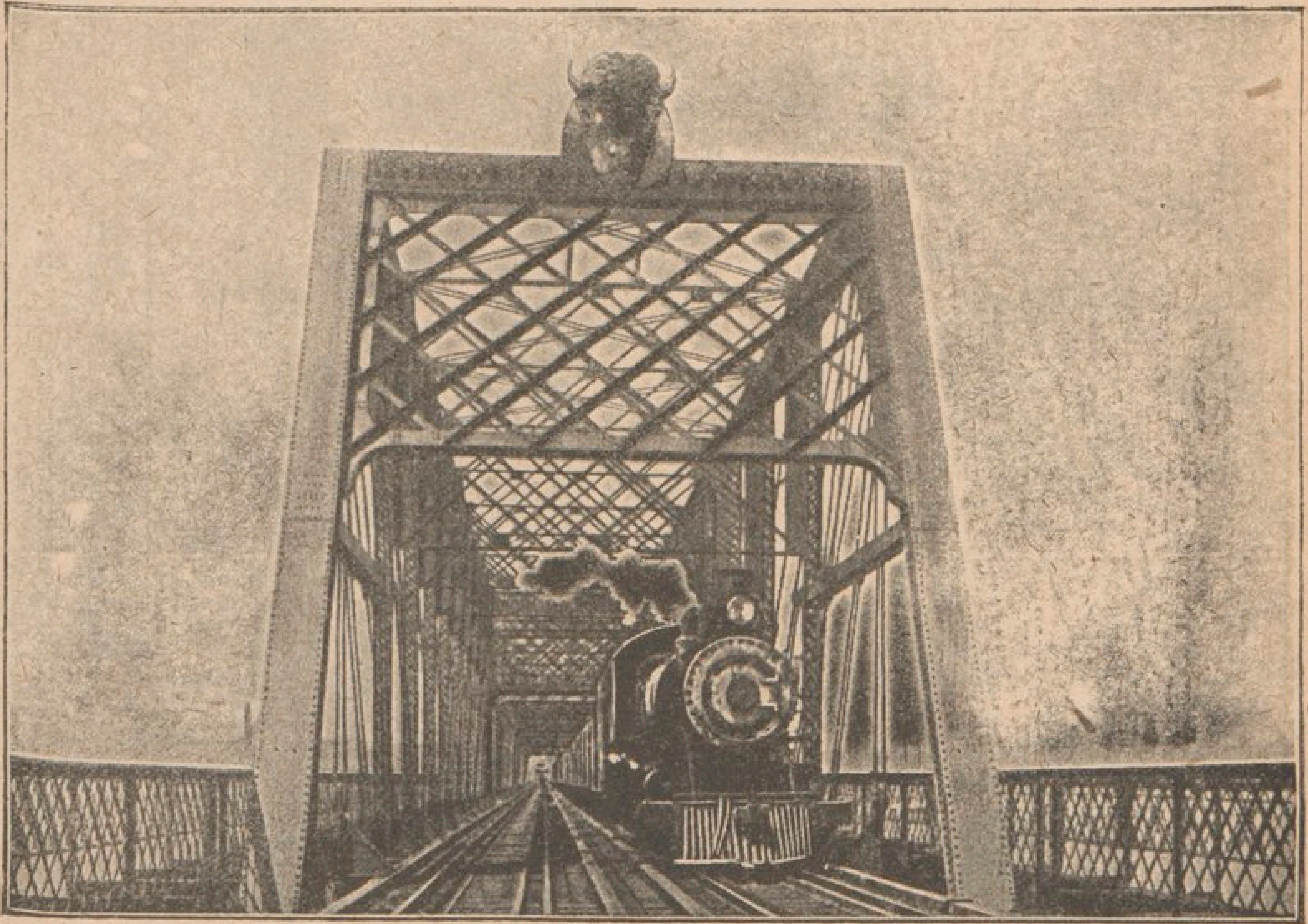
L'ingénieur Edwin F. Johnson conçut le projet primitif du Northern Pacific avant la guerre de Sécession, mais ce ne fut qu'en 1870 que l'on commença la pose d'une section de ligne de 4.000 kilomètres partant de Portland (Oregon), près de l'embouchure de la Columbia River et se dirigeant vers Duluth, sur la rive occidentale du grand lac Supérieur.

Il fallut trois ans pour atteindre la rive gauche du Missouri, dont la traversée exigea la construction d'un pont métallique de 420 mètres de longueur, haut de 15 mètres, qui coûta cinq millions de francs, prix énorme pour l'époque.

La Compagnie actuelle du Northern Pacific gère 10.500 kilomètres de voies ferrées et possède 50.000 wagons à marchandises. Plus puissant encore est le Great Northern Railroad, dont le réseau a un développement dépassant 13.000 kilomètres et dont le matériel comporte 60.000 wagons. C'est une création du célèbre ingénieur financier James J. Hill.

L'Atchison Topeka & Santa Fe Railroad et le Southern Pacific constituent les deux chemins de fer transcontinentaux de la partie méridionale des Etats-Unis.

Le premier exploite 14.000 kilomètres de lignes et relie Kansas City (Missouri) à San Francisco. Le second réseau comporte 13.000 kilomètres de développement avec une ligne principale partant



PONT MÉTALLIQUE DE L'UNION PACIFIC RAILROAD SUR LE MISSOURI, ENTRE LES VILLES AMÉRICAINES D'OMAHA ET DE COUNCIL BLUFFS

Cet ouvrage, long de 450 mètres, est un de ceux qui relient le Far-West aux régions orientales des États-Unis.

CARTE DES PRINCIPALES VOIES FERRÉES TRANSCONTINENTALES TRAVERSANT LES ÉTATS-UNIS ET LE CANADA

Sur cette carte, à petite échelle, ne figurent pas toutes les lignes reliant New-York aux grands centres comme Chicago, Saint-Louis, la Nouvelle-Orléans, et qui fournissent de nombreuses variantes d'itinéraires. On peut se rendre de onze manières différentes de New-York à Saint-Louis ou de Chicago à San-Francisco.

de la Nouvelle-Orléans pour aboutir à Los Angeles (Californie) et à San Francisco. Entre Los Angeles et San Francisco, ces deux transcontinentaux traversent une contrée très pittoresque où se trouvent notamment la vallée de la Yosemite, avec ses célèbres geysers, le Grand Parc National de Yosemite et la Réserve, où l'on conserve les fameux « séquoias » arbres géants, derniers vestiges de la végétation de l'époque préhistorique.

A El Paso, le Southern Pacific Railroad se relie aux chemins de fer mexicains dont une ligne permet de se rendre directement de Vera Cruz et Mexico à Los Angeles et San Francisco, ce qui donne une jonction entre les océans Atlantique et Pacifique.

Le Canada possède, à lui seul, trois grands transcontinentaux d'environ 4.500 kilomètres de longueur, qui relient les ports de l'Atlantique : Halifax, Saint-John, Québec et Montréal à ceux du Pacifique : Victoria, Vancouver et Prince-Rupert, villes maritimes de la Colombie britannique.

SIR T. SHAUGHNESSY

Président du Conseil d'administration de la Compagnie du Canadian Pacific Railway.

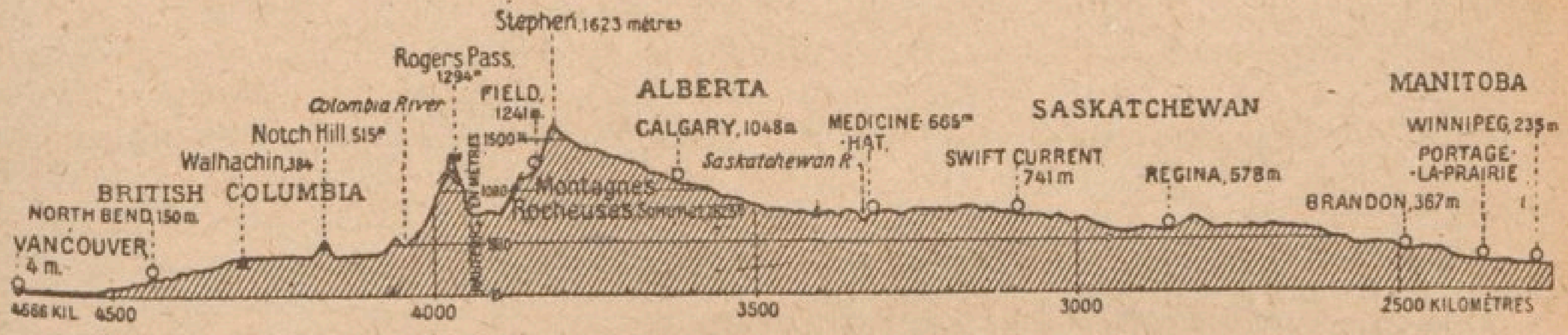
Le plus ancien de ces chemins de fer est universellement connu sous le nom de Canadian Pacific Railway ou Chemin de fer canadien du Pacifique. Cette artère gigantesque est l'œuvre d'hommes éminents qui se sont consacrés à l'accomplissement de leur tâche : lord Mount Stephen, sir William van Horne, lord Strathcona et sir Thomas Shaughnessy.

Le premier coup de pioche fut donné en 1881, et, en 1886, le premier train circulait de Montréal à Vancouver. Il y a donc trente-deux ans que M. Donald Smith, aujourd'hui lord Strathcona, plaçait les crampons fixant le dernier rail et déclarait le Canadian Pacific Railway ouvert au trafic des voyageurs et des marchandises.

Cette compagnie est propriétaire, au Canada et aux Etats-Unis, de deux grands réseaux qui représentent plus de 22.000 kilomètres et contrôle ainsi 7.500 kilomètres de voies ferrées américaines, notamment l'important système Minneapolis-Saint-Paul & Sault-Sainte-Marie Railroad. L'effectif du matériel compte 2.200 machines, 3.000 voitures et 95.000 wagons. L'une des caractéristiques du Canadian Pacific Railway est de posséder, grâce à l'initiative de sir Shaughnessy, une nombreuse et superbe flotte de cent steamers, qui relient Vancouver aux ports d'Extrême-Orient, et Montréal, Saint-John, Halifax à ceux de l'Angleterre. On peut ainsi se rendre de Liverpool à Hong-Kong, à Yokohama, à Sydney, etc., sans quitter les steamers ni les trains de la Compagnie du Canadian Pacific.

De luxueux hôtels abritent les voyageurs à Montréal, Winnipeg, Vancouver et aussi dans les localités situées le long de la partie de la ligne qui traverse les Montagnes Rocheuses, notamment à Banff Springs, à Glacier, etc. La gare de Windsor Street, à Montréal, est certainement une des plus belles constructions civiles du Canada.

La plus grande partie du matériel roulant de la compagnie sort de ses immenses ateliers de Montréal et de Calgary. Winnipeg, qui était, il y a trente ans, une petite bourgade, compte aujourd'hui plus de 150.000 habitants et doit son développement au Canadian Pacific Railway.



PROFIL EN LONG DU CANADIAN PACIFIC RAILWAY, DE VANCOUVER A WINNPEG

Ce succès grandiose a incité un groupe de capitalistes à prolonger également vers le Pacifique les lignes de l'ancien réseau occidental du Grand Trunk Canadien et à créer à cet effet une compagnie nouvelle en 1903, sous la raison sociale Grand Trunk Pacific Railway, dans le but de relier Moncton, dans le Nouveau-Brunswick, au port de Prince-Rupert, en passant par Port-Arthur, Winnipeg, Edmonton, ce qui représente environ 6.000 kilomètres de parcours total.

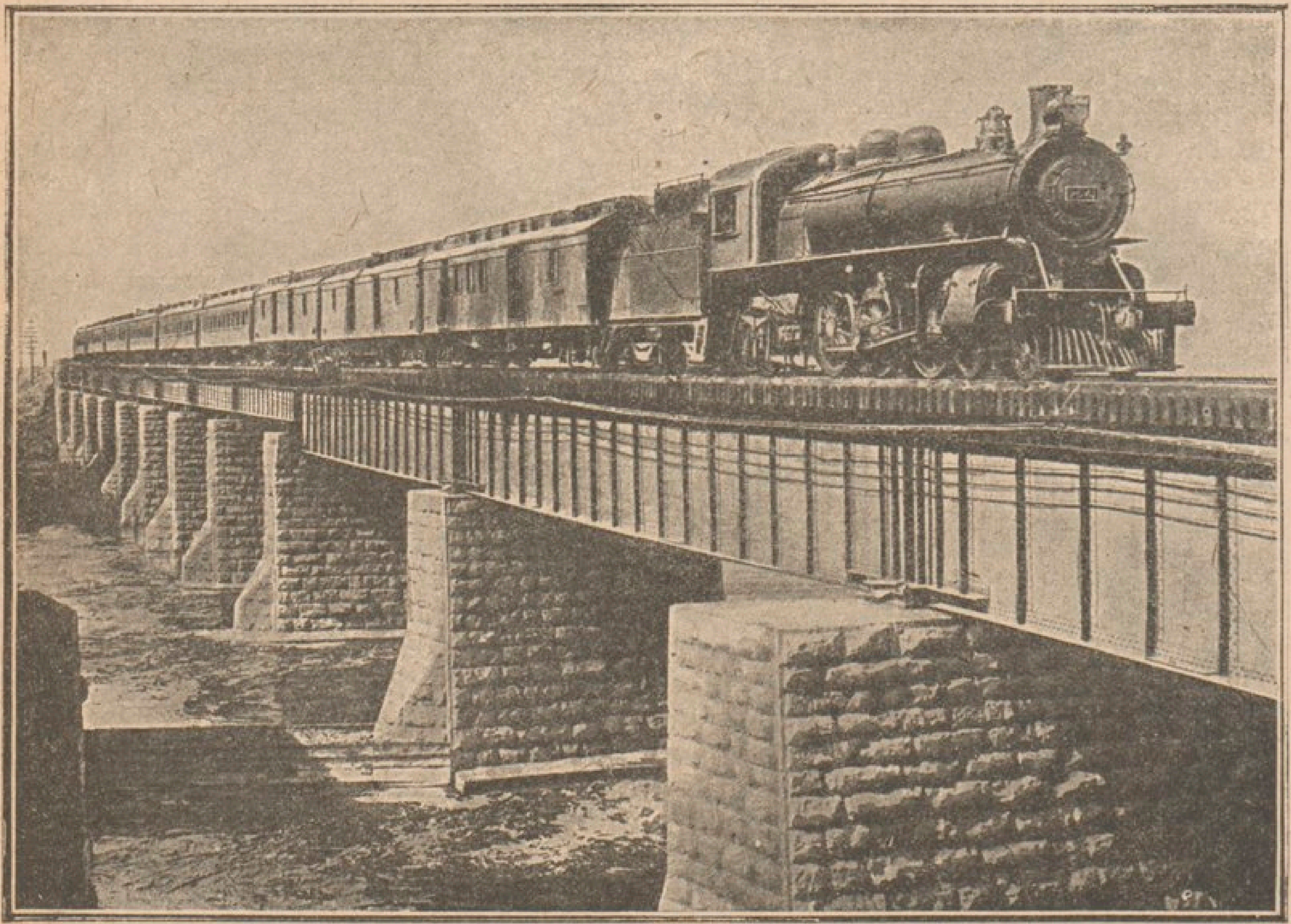
Winnipeg partage la ligne en deux grandes divisions de longueur égale, l'une de l'Est, l'autre de l'Ouest. Prince-Rupert est devenu un port très important relié par des paquebots de la Compagnie à Seattle, à Victoria et à Vancouver.

Le développement prodigieux de l'agriculture, de l'élevage et de l'industrie au Canada explique comment deux Canadiens, devenus sir William Mackensie et sir Donald D. Mann, fondèrent, dès 1899, la Compagnie du Canadian Northern Railway, qui exploite aujourd'hui, à l'est et à l'ouest de Port-Arthur (sur le lac Supérieur), un réseau de 15.000 kilomètres. L'entreprise eut à traverser de pénibles périodes, tant pendant la construction, qui exigea de longs et coûteux travaux, qu'au cours de l'exploitation, qui reste très nettement déficitaire.

En effet, le tracé suit ceux du Grand Trunk et du Canadian Pacific, de Winnipeg à Edmonton, sur 1.350 kilomètres, et aboutit également à Vancouver, point terminus occidental du Canadian Pacific.

Aussi, malgré des subventions en espèces et des attributions de terrains atteignant près d'un million d'hectares, le réseau a-t-il dû être récemment racheté par le gouvernement qui avait construit, de Québec à Moncton et Halifax, la ligne terminale du Canadian Northern sous le nom de Chemin de fer Intercolonial. Le Canadian Pacific Railway se défend jusqu'à présent contre l'étatisme, grâce à sa très forte organisation financière.

Le transcontinental Nord Asiatique, constitué par le Transsibérien, et qui a fait l'objet d'une étude complète dans le n° 24 de *La Science et la Vie* (page 21), a joué et continue de jouer un rôle considérable dans la guerre actuelle. C'est pour



TRAIN DU CANADIAN PACIFIC RAILWAY ALLANT DE MONTRÉAL A VANCOUVER

empêcher cet instrument de civilisation de tomber aux mains des Allemands que les Alliés ont décidé de prendre part à une action de grande envergure, menée dans la Sibérie orientale, avec la collaboration des armées impériales japonaises.

Cette immense voie ferrée, de 8.685 kilomètres (Moscou-Vladivostok), a été récemment complétée par l'ouverture

Le créateur de la Rhodésie, le Napoléon du Cap, Cecil Rhodes, conçut ce rêve de relier le Cap au Caire par une file de rails de 11.000 kilomètres reposant exclusivement en territoire anglais.

La guerre a donné un puissant intérêt à cette gigantesque entreprise, qui est suffisamment avancée pour que l'on puisse prévoir sa terminaison prochaine.

GARE TERMINUS DE WINDSOR STREET DU CANADIAN PACIFIC RAILWAY, A MONTRÉAL

d'une section terminale entièrement construite en territoire russe, de Tchita à Vladivostok par Khabarovsk, où la ligne traverse le fleuve Amour sur un immense pont. Les trains n'empruntent donc plus le chemin de fer Transmandchourien pour atteindre les rives russes du Pacifique.

Parmi les voies ferrées, extraordinaires à la fois par leur longueur, par leur importance politique et économique, ainsi que par les difficultés spéciales de leur établissement, la ligne anglaise du Cap au Caire occupe certainement un rang à part.

En examinant la carte de l'Afrique Orientale (page 395 et carte hors texte du n° 38), on constate que le trajet total se divise en trois tronçons principaux.

En partant de la ville du Cap, le voyageur qui se dirige vers le Nord circule sur les lignes de l'Union Sud-Africaine, consortium groupant les chemins de fer de la Colonie du Cap, du Transvaal, de l'Etat libre d'Orange et du Natal, sous l'autorité du ministre des Chemins de fer de l'Union Sud-Africaine, à Prétoria

Les voies sont à l'écartement de trois

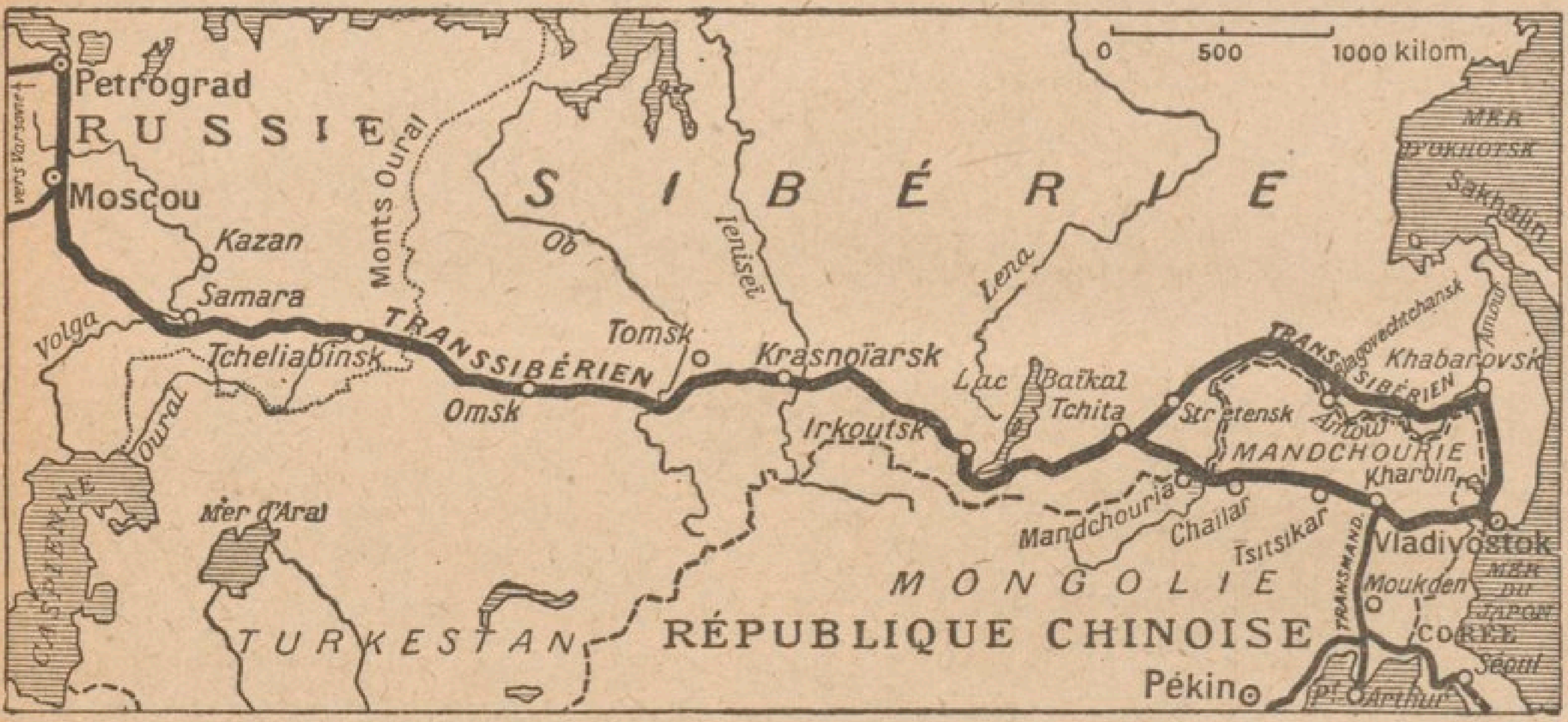
pieds, six pouces anglais (1 m. 067), ce qui n'empêche pas les trains d'être extrêmement confortables, grâce à l'utilisation de voitures à boggies très bien construites et adaptées à ce trafic africain spécial.

La ligne a atteint, en 1889, Kimberley, le pays des diamants (1.042 kilomètres) ; puis en octobre 1894, Mafeking (1.401 kilomètres). Cecil Rhodes ayant exprimé le désir formel de voir la locomotive gagner Bulawayo en 1897 (2193 kilomètres du Cap), les entrepreneurs, MM. Pauling & Co., posèrent 792 kilomètres de voie neuve en cinq cents jours.

grammes. Alors commença une période de difficultés imprévues.

On avait dépensé 200 millions de francs et l'argent manquait, bien que le richissime propriétaire de mines d'or du Witwatersrand, Beit, eût légué 37 millions et demi pour la continuation des travaux de construction de la ligne.

Cecil Rhodes avait rêvé de faire aboutir le rail à Kituta, l'extrémité sud du lac Tanganyika, à 725 kilomètres au nord de Broken Hill, c'est-à-dire à 3.971 kilomètres du Cap. Là, le train aurait été embarqué sur un ferry-boat qui lui aurait



TRACÉ DU CHEMIN DE FER TRANSSIBÉRIEN, AVEC LA NOUVELLE SECTION DE TCHITA A VLADIVOSTOK, PAR KHABAROVSK, OU EST SITUÉ LE GRAND PONT SUR LE FLEUVE AMOUR

A 454 kilomètres au nord de Bulawayo, la ligne devait rencontrer un sérieux obstacle, constitué par les gorges où le fleuve Zambèze se précipite d'une hauteur de 120 mètres et forme les célèbres chutes Victoria, découvertes en 1855 par le Dr Livingstone et larges de 1.642 mètres. (Les fameuses cataractes du Niagara ont seulement 48 mètres de hauteur et 800 mètres de largeur totale).

Un pont métallique d'une seule arche, long de 150 mètres, fut jeté, en dix-huit mois, à Livingstone, un peu en amont des chutes, par des entrepreneurs anglais.

On put alors continuer la pose de la voie vers Kalomo, capitale de la Rhodésie nord-occidentale (2.790 kilomètres), puis jusqu'à Broken Hill (3.246 kilomètres) où la rivière Kafue fut franchie par un pont métallique formé de treize travées de 30 mètres, supportées par des piles de maçonnerie et pesant chacune 57.000 kilo-

fait franchir les 650 kilomètres séparant Kituta de Usamburu, située à l'extrémité septentrionale du vaste lac africain.

Or, on ne s'était pas rendu compte que les montagnes entourant les rives du lac Tanganyika formaient une barrière infranchissable sans des dépenses tout à fait exagérées pour le percement des tunnels.

On décida alors de se diriger vers Elizabethville, dans le Congo belge, et de là vers Boukama, sur le Loualaba (Congo supérieur à travers le district de Katanga, qui renferme de riches mines de cuivre.

La section de Broken Hill à Sakania, (frontière du Congo) mesure 227 kilomètres. De Sakania à Elizabethville on compte 242 kilomètres et 385 d'Elizabethville à Boukama. A partir de Sakania les trains circulent sur les rails de la Compagnie belge du chemin de fer du Bas Congo au Katanga. De Bulawayo à Elizabethville, la distance de 1523 kilomètres est

parcourue en 71 heures.

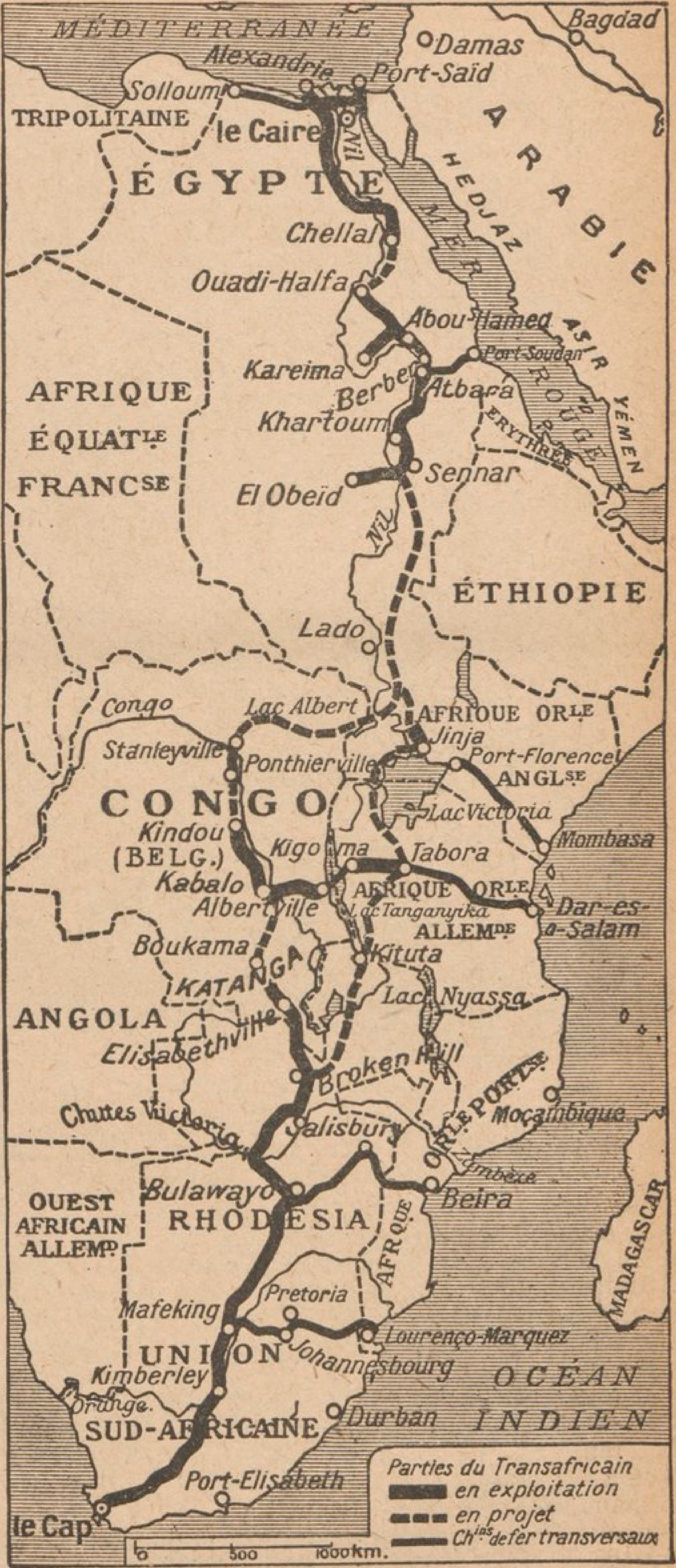
A partir de Boukama, à 4.201 kilomètres du Cap, on commence à emprunter la voie fluviale du haut Congo jusqu'à Kongolo, où commence le chemin de fer belge qui se termine à Kindou. A Kabalo aboutit une autre voie ferrée belge venant d'Albertville, sur le Tanganyika.

A l'autre extrémité de la ligne, on n'était pas non plus resté inactif, car le rail des chemins de fer de l'Etat égyptien et des chemins de fer du gouvernement du Soudan atteint maintenant Khartoum, à 961 kilomètres au sud de Ouadi Halfa (1.250 kilomètres du Caire).

Si l'on considère la traversée de l'Afrique de l'est à l'ouest, c'est-à-dire de l'océan Indien à l'Atlantique, on constate qu'une future ligne transcontinentale est déjà amorcée entre la mer Rouge et le golfe de Guinée.

En effet, Port-Soudan (Soudan anglais) se trouve relié à El Obeid, dans le Kordofan, par une ligne à voie de 1 m. 07, d'environ 1.600 kilomètres, qui passe par Berber, Atbara, Khartoum et Sennar. D'autre part, les chemins de fer de la Nigeria comportent une voie ferrée de 1.571 kilomètres partant du port de Lagos et se dirigeant par Kano, vers le Nord-Est. (Voir la carte hors texte du nº 28.) Les spécialistes anglais des questions coloniales recommandent vivement l'exécution d'une ligne allant de Kano à El Obeid et qui traverserait la région du Tchad.

Les Allemands avaient établi un chemin de fer à voie d'un mètre reliant le port de Dar-es-Salam à Kigoma (1.244 kilomètres) sur la rive orientale du lac Tanganyika, que l'on traversait en bateau pour rejoindre, à Albertville, le chemin de fer belge se di-



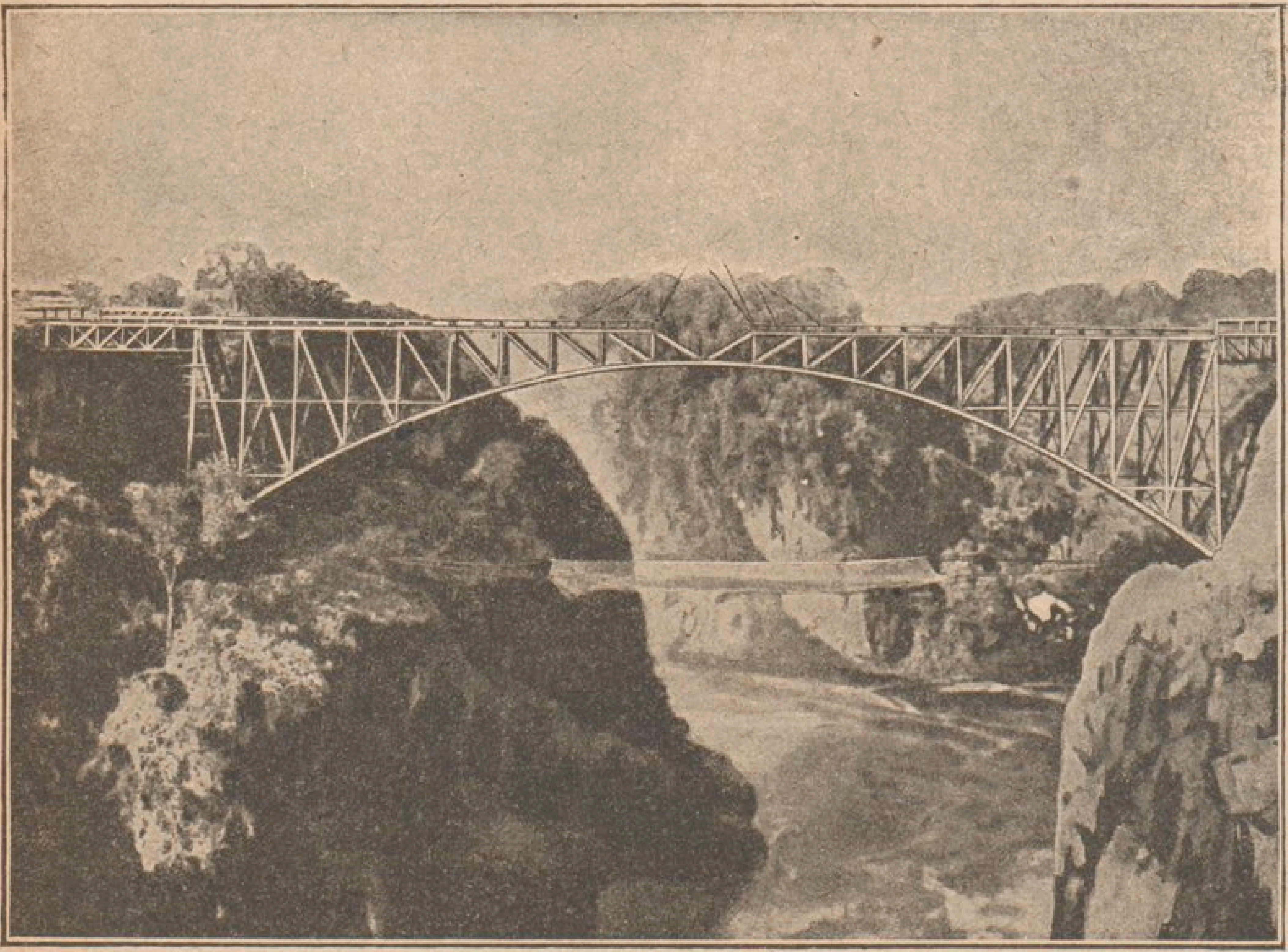
TRACÉ COMPLET DE LA LIGNE DU CAP AU CAIRE

rigeant vers Kabalo. Une fois à Kabalo, on se rendait en vingt-sept jours, par bateau, à Léopoldville (Stanley Pool), où l'on reprenait le chemin de fer jusqu'à Matadi (400 kilomètres), sur le bas Congo. De cette dernière localité part une ligne belge en cours de construction, se dirigeant vers Boukama et qui sera la voie la plus commode vers les Grands lacs.

Depuis que l'Afrique orientale allemande a été occupée par les Alliés, la ligne de Dar-es-Salam est exploitée jusqu'au kilomètre 1.000 par les autorités militaires anglaises, et, de là, jusqu'à la gare de Kigoma, par le Congo belge.

Les Portugais constitueront un transcontinental africain en reliant leur colonie d'Angola à l'Afrique orientale portugaise. A cet effet, ils ont commencé, sous le nom de Transafricain, la construction d'une ligne à voie d'un mètre partant du port de Saint-Paul de Loanda, capitale de l'Angola, vers l'Est et qui se termine actuellement à Ambaca (364 kilomètres), en attendant son prolongement jusqu'à Tshilongo, gare de la ligne d'Elizabethville à Boukama (section du *Cap au Caire*).

De même, le Portugal a commencé à relier les ports de Lobito et de Banguella, sur l'Atlantique, à la station de Tshilongo, de la voie ferrée d'Elizabethville à Boukama, par une ligne dont 620 kilomètres sont actuellement construits et qui constituera un autre transcontinental africain.

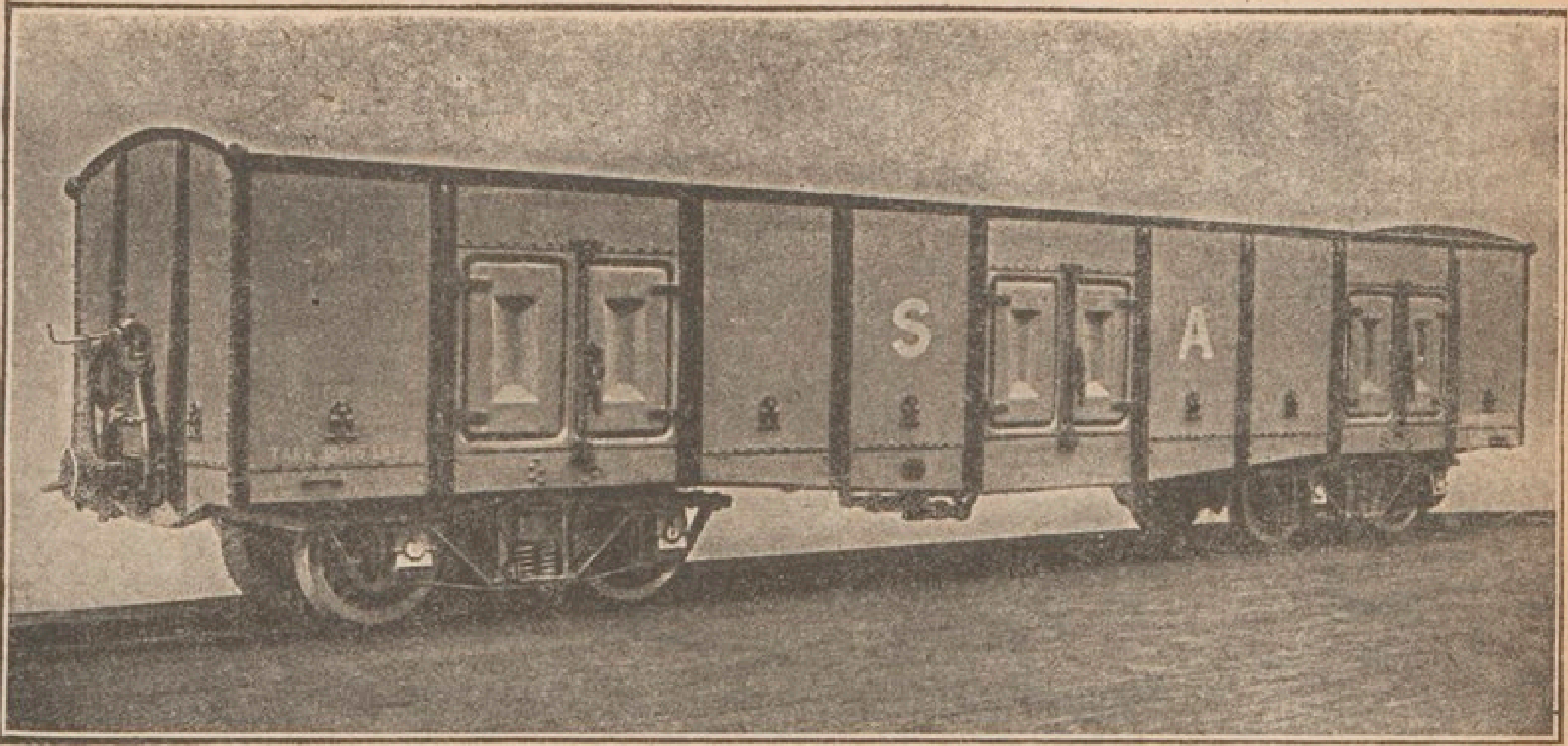


PONT MÉTALLIQUE JETÉ SUR LE ZAMBÈZE, SUR LA LIGNE DU CAP AU CAIRE

L'arche centrale, en acier, érigée près de Livingstone, au-dessous des chutes Victoria, a 150 mètres d'ouverture et domine le fleuve d'une hauteur de 100 mètres. Au dessous du tablier, un filet métallique sert à recevoir les ouvriers qui viendraient à tomber pendant leur travail et les outils qui leur échappent.

D'autre part, le port de Beira (Afrique orientale portugaise) est relié à Bulawayo (Rhodésie) par une ligne à voie étroite (1 m. 07) qui rejoint à Umtali (272 kilomètres) le réseau de la Rhodésie et se dirige vers Salisbury (274 kilomètres). On met actuellement huit jours pour se rendre du Cap à Elizabethville ou Boukama en sleeping-car, via Bulawayo.

L'Australie est entrée la dernière dans la lice pour la construction de ses chemins de fer transcontinentaux. L'existence d'une vaste région encore désertique au centre du continent a retardé

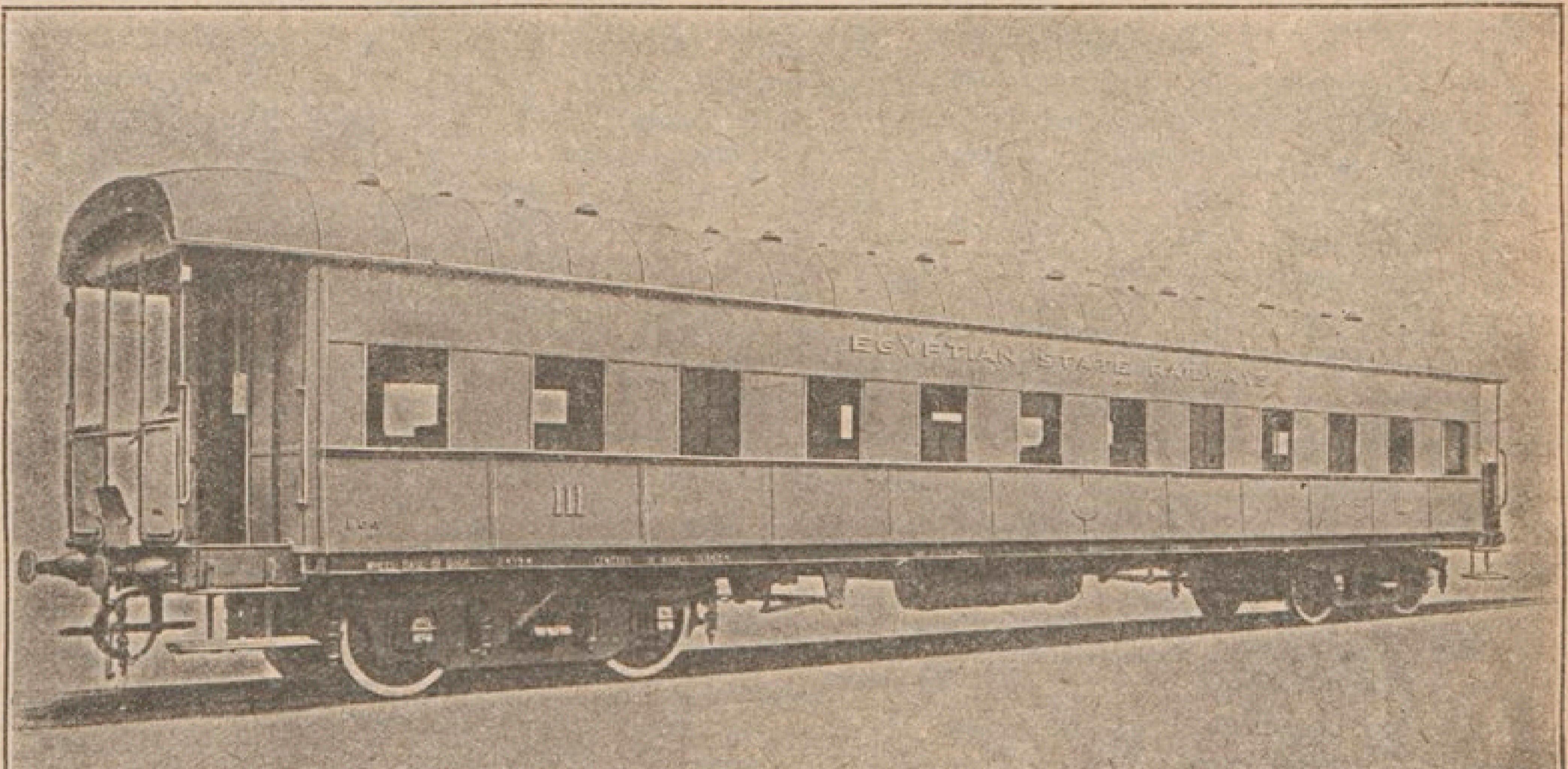


WAGON-TOMBEREAU EN ACIER DES CHEMINS DE FER SUD-AFRICAINS

Les caisses de ces wagons, qui ont 12 mètres de longueur et 3 mètres de largeur, peuvent contenir 45.000 kilos de marchandises, c'est-à-dire plus du double de nos wagons français de grand modèle. Étant entièrement métalliques, elles sont à l'abri des déprédations des insectes et de l'ardeur du soleil.

la pénétration du rail. Jusqu'à présent, les gouvernements de la Nouvelle-Galles du Sud et de l'Australie méridionale avaient construit des lignes reliant Sydney, Melbourne et Adélaïde à Port-Augusta, ville située sur le bord de la mer, au fond du grand golfe Spencer.

C'est de ce point que partent les tracés des deux transcontinentaux australiens. L'une de ces lignes relie Port-Augusta à Fremantle, port situé près de Perth, capitale de l'Australie occidentale. Un chemin de fer à voie de 1 m. 07, qui va être élargie à 1 m. 435, a été établi depuis un certain temps entre Perth et les mines d'or de Coolgardie, voisines de Kalgoorlie, point terminus de la ligne nouvelle à voie normale (1 m. 435) venant de Port-



VOITURE DE TROISIÈME CLASSE DES LIGNES DE L'ÉTAT ÉGYPTIEN

Ces magnifiques véhicules à boggies, pesant 34.000 kilos, circulent sur la section septentrionale de la ligne du Caire au Cap. Longs de 21 mètres et larges d'environ 3 mètres, ils comportent un cabinet de toilette et les aménagements nécessaires pour recevoir à la fois 107 voyageurs confortablement assis.

Augusta, qui a une longueur de 1.695 kilomètres. La construction, activement poussée à partir des deux points terminus de Kalgoorlie et de Port-Augusta, a permis d'inaugurer le service des trains le 12 novembre 1917 et l'exploitation a été confiée à l'Administration des chemins de fer de la Nouvelle-Galles du Sud.

La distance totale de Sydney à Fremantle (4.448 kilomètres) via Melbourne, Adélaïde, Port-Augusta, Kalgoorlie, est actuellement parcourue en quatre jours.

Sur les 147.000 tonnes de rails d'acier nécessaires, 63.000 tonnes ont été fabriquées en Australie, dans les usines de la Nouvelle-Galles du Sud, notamment dans les grande aciéries de Newcastle, appartenant à la Broken Hill Proprietary Limited Co.

Le transcontinental Nord-Sud aura également une grande importance au point de vue des communications rapides entre les villes de l'Australie méridionale et les ports de l'Europe et de l'Asie orientale.

L'ancienne voie ferrée à écartement de 1 m. 07 allant de Port-Augusta à Oodnadatta (770 kilomètres) sera partiellement utilisée, après élargissement à 1 m. 435, entre les gares d'Oodnadatta et de Boorthanna. Cette dernière station, reliée par une voie neuve (1 m. 435) à celle de Kingoonya, située sur le transcontinental Est-Ouest (Port Augusta-Kalgoorlie) à 338 kilomètres de Port-Augusta. La section entière de Port-Augusta à Oodnadatta sera ainsi élargie, sans grands frais, de 1 m. 07 à 1 m. 435.

A partir d'Oodnadatta, la nouvelle voie, actuellement en cours d'études définitives, se dirige vers le nord, à travers la province centrale, dénommée Northern Territory, où se trouve la chaîne des monts Macdonald, jusqu'à Daly Waters (1.370 kilomètres). Il restera à joindre Daly Waters à Pine Creek (343 kilomètres), déjà relié à Port-Darwin par un chemin de fer à voie de 1 m. 07, long de 235 kilomètres et dont l'écartement sera porté à 1 m. 435. La distance totale par rail de Port-Augusta sera donc d'environ 2.720 kilomètres jusqu'à Port-Darwin, qui se trouvera à 3.135 kilomètres d'Adélaïde et à 3.914 kilomètres du port de Melbourne, environ quatre jours de trajet.

LES DEUX TRANSCONTINENTAUX AUSTRALIENS

La ligne méridionale, ouverte le 12 novembre 1917, qui joint Melbourne à Perth-Fremantle, traverse, entre Port-Augusta et Kalgoorlie, une région désertique d'environ 1.000 kilomètres de longueur. La transversale Nord-Sud, Melbourne-Port-Darwin, est encore en cours d'études définitives entre Oodnadatta et Pine Creek.

La construction de ces nouvelles lignes a obligé le gouvernement du Commonwealth australien à résoudre la question si compliquée des écartements de voie dans le pays. En effet, il existe dans les gouvernements de Victoria et de l'Australie méridionale 7.142 kilomètres de voies larges (1 m. 60), tandis que la Nouvelle-Galles du sud exploite 7.144 kilomètres de voie large européenne (1 m. 435), sans compter la section de Port-Augusta à Kalgoorlie (1.695 kilomètres). Toutes les autres lignes, dont celles du Queensland et de l'Australie occidentale, soit environ 20.250 kilomètres, sont à voie étroite (1 m. 07). Les deux transcontinentaux australiens, qui appartiennent au réseau gouvernemental du Commonwealth, ainsi que toutes les nouvelles lignes d'Etat, sont établis à l'écartement de 1 m. 435 auquel vont être ramenées prochainement la plupart des voies existantes, ce qui entraînera une dépense totale d'environ un milliard de francs.

Il nous reste à signaler, pour terminer cette rapide revue des chemins de fer transcontinentaux du monde, la ligne dite Transandin Argentin, qui joint Buenos-Ayres à Valparaiso en traversant par un tunnel la Cordillère des Andes.

Ce chemin de fer comporte, au point de

TRANSPORT PAR CHARS ATTELÉS DE CHAMEAUX AVANT LA CRÉATION DU CHEMIN DE FER TRANSAUSTRALIEN MÉRIDIONAL, ENTRE MELBOURNE ET PERTH-FREMANTLE, VIA KALGOORLIE

vue argentin, deux sections distinctes exploitées toutes deux par la Compagnie du chemin de fer de Buenos-Ayres au Pacifique. La première est constituée par la ligne à voie large de 1 m. 68, qui, partant de Buenos-Ayres, se dirige vers l'Ouest et aboutit à Mendoza (1.047 kilomètres). La voie court en ligne droite dans la Pampa pendant 338 kilomètres sans la moindre courbe et s'élève de 753 mètres seulement sur ce long trajet.

Le Transandin proprement dit est une ligne à voie d'un mètre, longue de 251 kilomètres, qui relie Mendoza à Los Andes (Chili). Le tunnel de traversée des Andes est percé à l'altitude énorme de 3.508 mètres. On est là dans le voisinage immédiat de l'Aconcagua qui est une grande cime de 7.040 mètres d'altitude.

Du côté chilien, la voie s'élève de 2.440 mètres sur les 74 kilomètres qui séparent de Los Andes l'orifice du grand tunnel Les rampes atteignant fréquemment 6 à 8 centimètres par mètre, on a eu recours à l'emploi de locomotives à crémaillère pour effectuer la traction des trains.

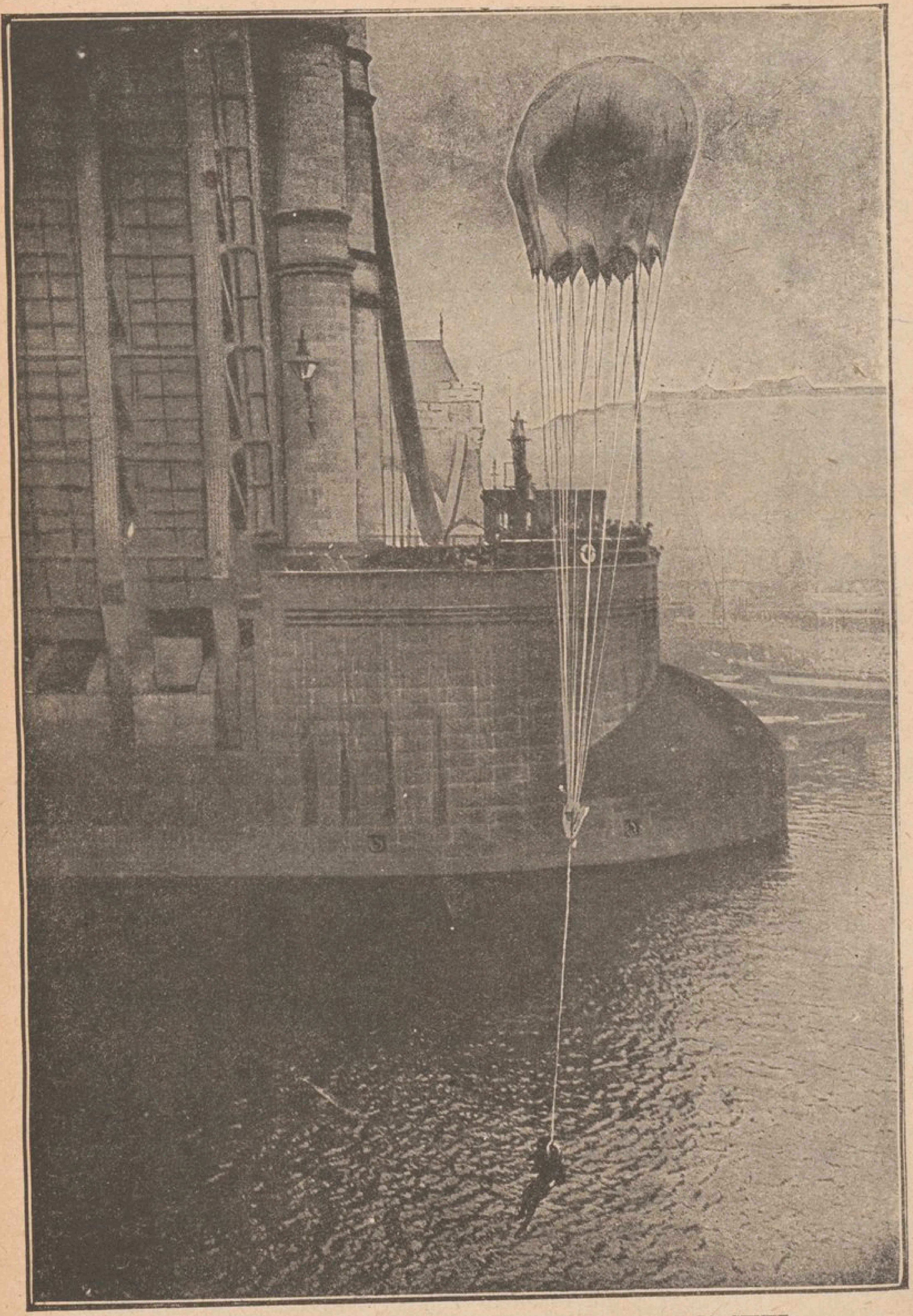
TRACÉ DU CHEMIN DE FER TRANSANDIN

Comme le montre la carte ci-dessus, la traversée de la Cordillère des Andes a lieu dans le voisinage immédiat de l'Aconcagua, une des cimes les plus élevées de cette chaîne de montagnes (7.040^{m}). Le tunnel principal est percé à 3.508 mètres d'altitude, ce qui constitue un record mondial en cette matière.

Le système adopté comporte plusieurs crémaillères parallèles; ce qui est le type le plus généralement usité en Suisse. La montagne ainsi gravie offre l'aspect d'un gigantesque escalier jusqu'à La Cuevas, gare située à l'entrée du grand tunnel de 3.000 mètres sur le versant argentin.

Malgré le développement actuellement atteint par les voies ferrées transcontinentales, il reste encore d'immenses travaux à accomplir dans cette ordre d'idées, notamment dans l'Amérique du Sud et en Asie.

GODEFROY DE RAYMONDY.



LE PARACHUTE CALTHROP DANS LA SECONDE PHASE DE SA CHUTE

L'appareil n'a pas encore franchi la première moitié du parcours. Il commence cependant à se déployer et son action ralentit déjà la vitesse de chute de l'expérimentateur.

LA SÉCURITÉ EN AVION ASSURÉE PAR LE PARACHUTE

Par Georges HOUARD

Il est probablement vain de vouloir assurer aux aéroplanes de l'avenir une sécurité absolue que ne connaissent ni les transatlantiques, ni les chemins de fer, après un siècle d'existence. Nous pouvons asservir les éléments, mais nous devons toujours compter avec eux; les révoltes de la nature ont trop souvent de terribles effets pour que nous puissions espérer atteindre en aviation la sécurité complète. Il y aura encore, et sans doute toujours, des catastrophes aériennes, mais elles n'entraveront pas davantage l'essor de l'aviation que les accidents de chemin de fer n'ont entravé le développement de la locomotion ferroviaire. Par contre, on peut raisonnablement espérer réduire la fréquence de ces accidents et faire ainsi bénéficier l'aviation d'une sécurité relative, égale, pour le moins, à celle que présentent les autres modes de locomotion.

Le jour où est tombée la première victime de l'aviation contemporaine s'est posé le problème de la sécurité en aéroplane. De nombreux chercheurs se sont efforcés de le résoudre, sans y parvenir entièrement. Certains des dispositifs préconisés en ces dix dernières années offraient à première vue un réel intérêt, mais, pour la plupart, ils ne résistèrent pas à l'essai et furent abandonnés. Il faut reconnaître, en effet, que si l'aviation est d'une pratique moins dangereuse aujourd'hui qu'autrefois, on le doit, non pas à un appareil particulier de stabilisation ou de sécurité, mais à une conception générale de l'avion supérieure à celle du début, à un perfectionnement progressif et méthodique de tous ses organes essentiels.

PARACHUTE D'AVION ENTIÈREMENT DÉPLOYÉ

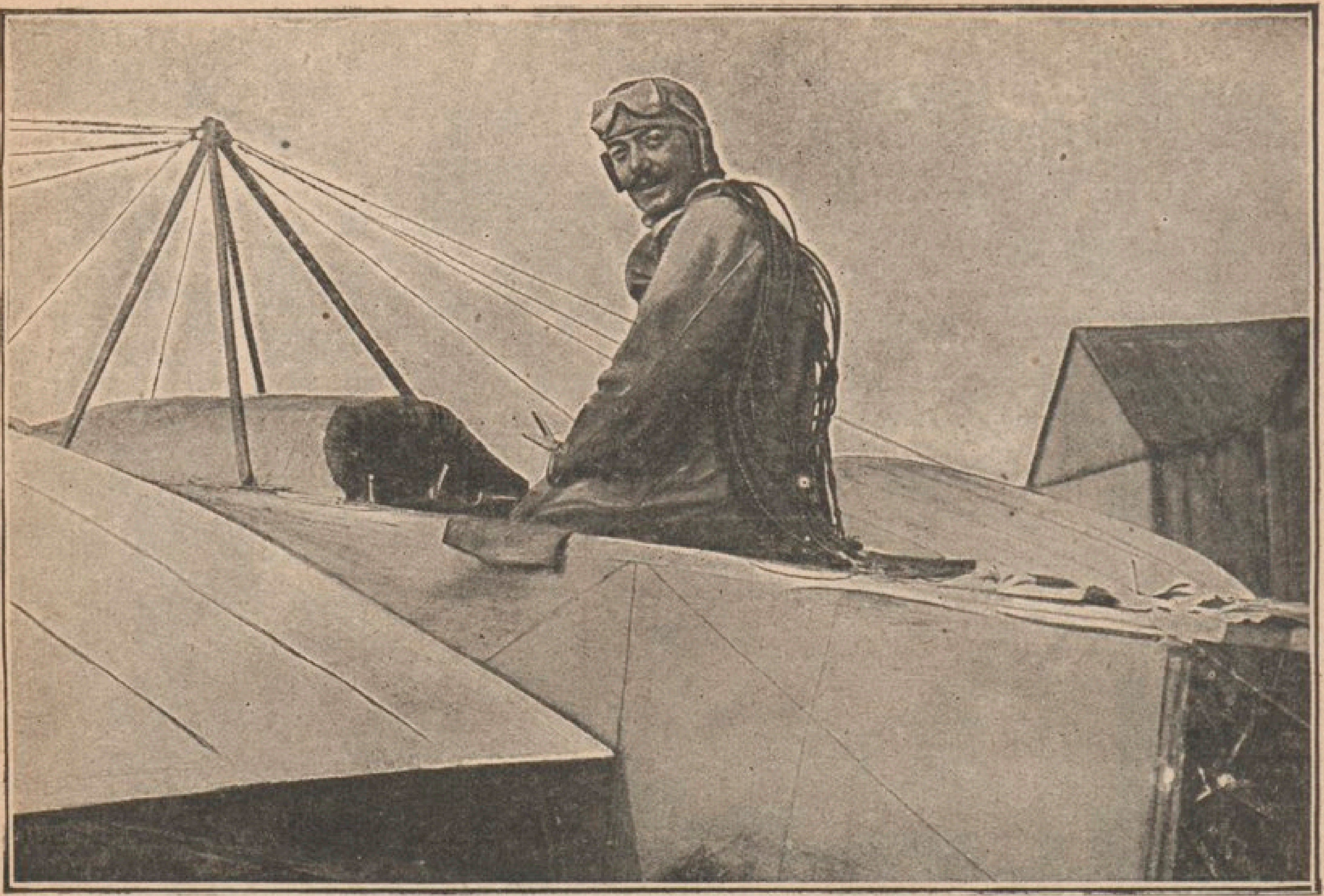
La solution du problème de la sécurité en aéroplane peut être envisagée de trois façons :

1° Par le perfectionnement de l'avion lui-même ;

2° Par l'adjonction à l'avion d'un stabilisateur automatique pratique ;

3° Par l'emploi d'un organe de secours indépendant tel que le parachute.

Jusqu'à ce jour, c'est par le perfectionnement de l'avion que furent obtenus les résultats les plus probants. La stabilisation automatique, si tentante que soit cette solution, n'a pas donné ce que l'on en espérait. Peut-être pourra-t-on l'appliquer plus heureusement dans l'avenir quand la sécurité des voyageurs aériens ne devra plus



PÉGOUD AVANT LE PREMIER ESSAI DU PARACHUTE BONNET

Pour amortir la puissance du choc au moment de la chute, Pégoud était relié aux suspentes du parachute par l'intermédiaire de plusieurs câbles élastiques qui remplirent parfaitement leur but.

dépendre uniquement de l'habileté et du sang-froid du pilote. Mais à présent, et tant que les aéroplanes seront d'une puissance relativement limitée, les réflexes d'un cerveau humain sont préférables, pour redresser un appareil malmené par le vent, au meilleur stabilisateur qui peut exister.

La locomotion aérienne peut être comparée à la navigation maritime, et les remous et les courants d'air aux vagues de la mer. Un petit navire est le jouet des lames ; un transatlantique les asservit. A bord du premier, le pilote a une tâche ardue, car c'est sur lui que repose la sécurité du bâtiment et de ceux qu'il porte. Il doit ruser avec les éléments déchaînés et jouer au plus fin avec eux. Sur le transatlantique, la manœuvre est différente : la sécurité de la ville flottante est assurée à peu près complètement par la puissance même de ses flancs contre lesquels les lames les plus fortes viennent se briser.

En aviation, il en est de même : jusqu'au jour où nous disposerons de grands navires aériens de plusieurs milliers de chevaux, un appareil souple, maniable, piloté par un bon aviateur, sera moins dangereux dans la tempête qu'un avion automatiquement stable. Tant que nous devrons affronter la tourmente avec de petits appareils, les coups de vent et les remous seront toujours plus forts que le plus efficace des stabilisateurs.

Est-ce à dire qu'il faille, de parti pris, rejeter tout organe de sécurité indépendant de l'aéroplane lui-même? Certainement non, et le parachute, si complexe que soit son adaptation aux avions actuellement construits, peut donner de bons résultats.

Cette solution du problème de la sécurité a tenté bien des inventeurs. Les dispositifs proposés depuis quelques années sont très nombreux, et, à l'heure présente, la question est loin d'être délaissée par ceux qui s'y sont adonnés. Les heureuses conséquences de l'application du parachute aux ballons d'observation (Voir *La Science et la Vie* n° 28, page 313) a ravivé parmi ces chercheurs l'espoir de voir leurs efforts couronnés de succès. Ils ont pensé que ce parachute qui, journellement, sauve la vie de nos aérostiers, pouvait être adapté aux avions. Cette idée généreuse est malheureusement d'une réalisation fort difficile, la question de la sécurité dans les airs ne se présentant pas du tout de la même façon pour les aérostiers et les aviateurs.

Un ballon incendié ou crevé est un ballon perdu. Si l'observateur ne l'abandonne pas à temps, c'est pour lui la mort certaine.

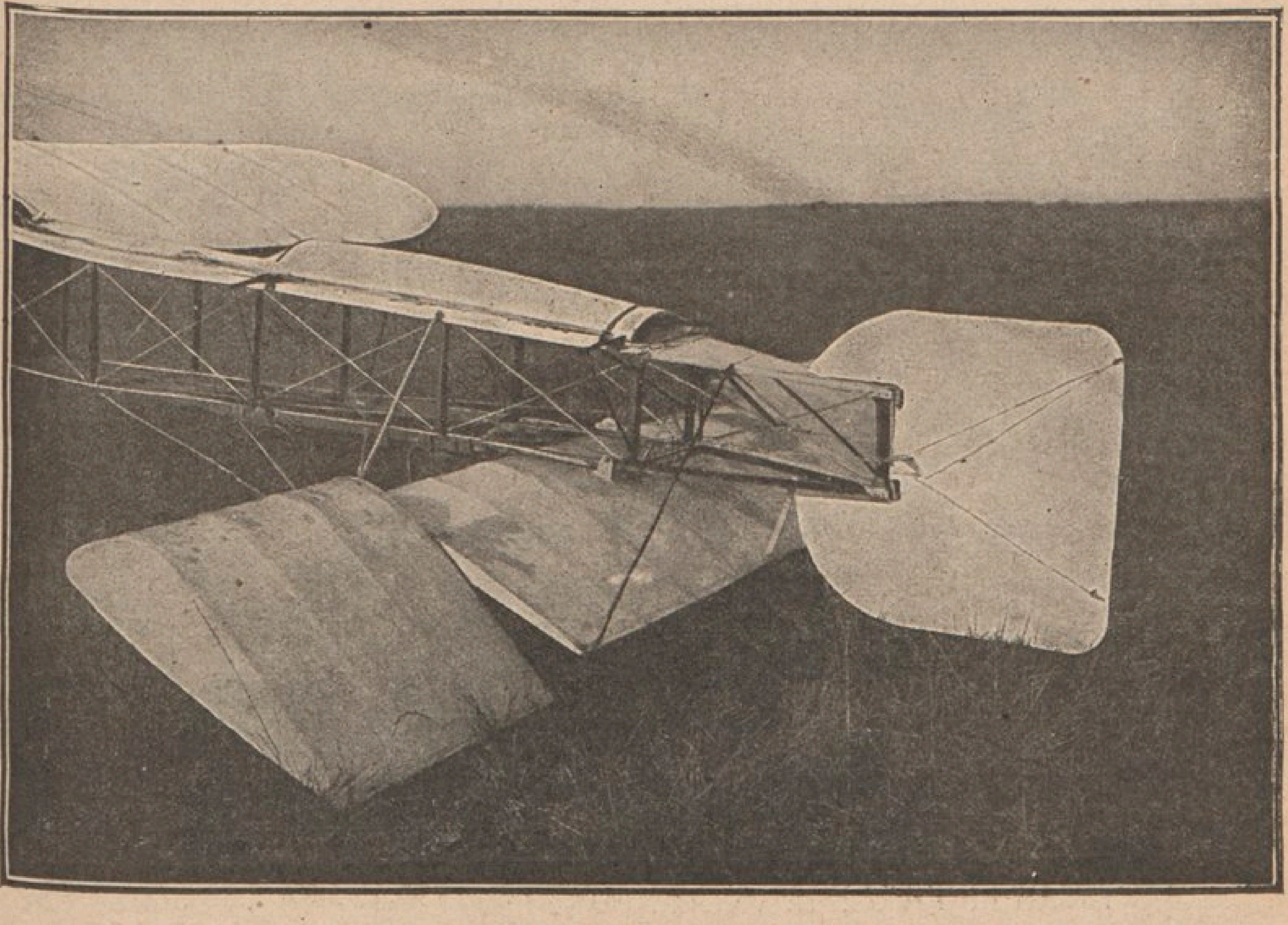
Les conditions dans lesquelles s'abat un avion sont bien différentes. Si c'est à la suite d'un combat, l'aviateur peut être blessé grièvement ou tué. Dans ce cas, le parachute est naturellement inutile. Si l'avion est atteint dans ses organes moteurs, il pourra descendre en planant et l'aviateur ne risquera pas une descente en parachute, toujours angoissante et dangereuse, alors qu'il lui est possible d'atterrir dans des conditions normales. S'il s'agit enfin d'un accident, neuf fois sur dix c'est à quelques mètres du sol qu'il se produit, c'est-à-dire à un moment où le fonctionnement du parachute devient tout à fait aléatoire.

La possibilité d'utiliser ce dernier est donc limitée au cas où l'accident surviendrait à grande hauteur et qu'il soit tellement grave que le pilote ne puisse conserver aucun espoir d'arriver normalement au sol. La rupture d'une commande, l'incendie du réservoir d'essence, par exemple, rentrent dans cette catégorie d'accidents aériens.

Les problèmes que devront résoudre les inventeurs pour aboutir au résultat cherché sont de différentes sortes. Le moins important est celui du parachute même, car personne n'a jamais douté qu'un homme puisse descendre de 1.000 ou de 2.000 mètres au moyen de cet engin ; ce qu'il est essentiel d'assurer, c'est le déploiement de la voilure aussi rapidement et aussi complètement que possible, son installation convenable à bord de l'avion — ce qui n'est pas toujours aisé — sa séparation certaine d'avec celui-ci dès que le moment s'en est fait sentir.

Certains inventeurs ont orienté leurs recherches vers un parachute suffisamment vaste pour soutenir l'aéroplane, en même temps que ses passagers. Cette solution, déjà d'une réalisation difficile quand le moins lourd de nos avions pesait de 3 à 400 kilos, doit être aujourd'hui abandonnée définitivement. Les avions actuels pèsent en moyenne un millier de kilos, c'est-à-dire que pour les soutenir dans l'espace, avec une vitesse de chute assez réduite, il faudrait disposer d'une voilure de 7 à 800 mètres carrés.

Il faut donc étudier le parachute individuel et seulement celui-là. Le parachute individuel a un avenir certain ; l'autre n'en a pas.



LE PARACHUTE BONNET FIXÉ SUR LE FUSELAGE D'UN AÉROPLANE BLÉRIOT

Le parachute était disposé à l'arrière du fuselage, dans une sorte de gaine ; il en sortait facilement dès que le corps de l'aviateur, précipité dans le vide, exerçait sur les suspentes la traction nécessaire.

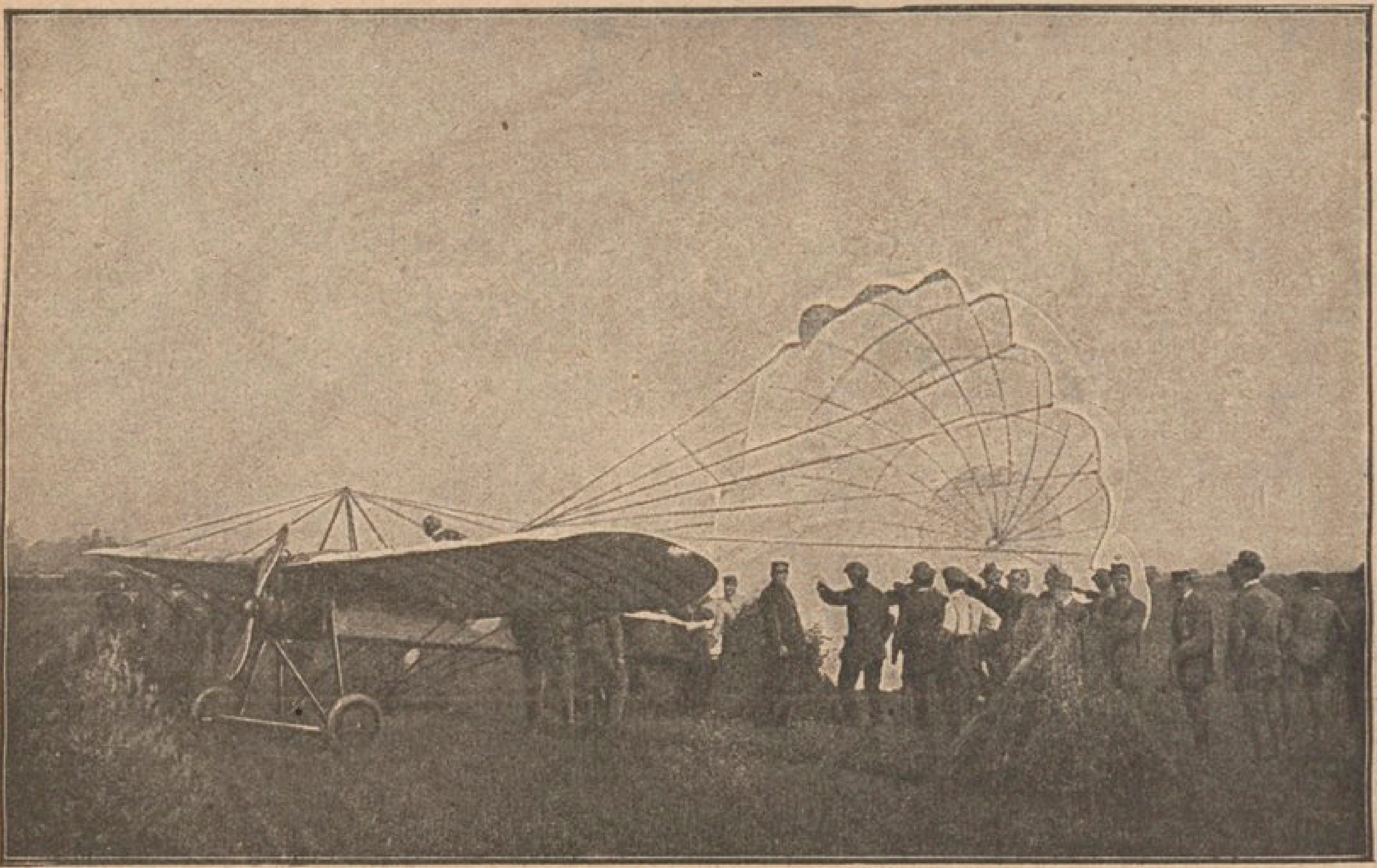
A la base du problème est la vitesse de chute maximum ; pratiquement, elle ne saurait guère dépasser 3 m. 65 à la seconde. Le tableau suivant donne, à ce sujet, des indications précises et intéressantes :

Poids supporté par mètre carré de voilure	Vitesse de chute par seconde
1 kg. »	2 m. 80
1 kg. 115	3 m. »
1 kg. 250	3 m. 20
1 kg. 420	3 m. 40
1 kg. 660	3 m. 65
2 kg. »	4 m. »

Le poids suspendu au parachute équivaut à la pression par mètre carré exercée sur la voilure. Dans le calcul d'un parachute, la vitesse de descente n'intervient pas qu'au point de vue de la sécurité. Il faut tenir compte que cet engin est, pour le moment, destiné à des aviateurs militaires. Sur le front, ceux-ci évoluent toujours très haut, le plus souvent entre 2.000 et 4.000 mètres. Même si l'avion n'est qu'à 2.000 mètres, le parachute, lancé de cette hauteur, mettra, à la vitesse de 3 m. 65 à la seconde, 550 secondes, soit 9 minutes, pour arriver jusqu'au sol. Or, si à ce moment le vent souffle seulement à 6 mètres à la seconde, l'aviateur sera déporté de 3 km. 330. Les avions patrouillant généralement au-dessus des lignes et, de plus, les vents dominants étant, en France, ceux d'ouest et de sud-ouest, on voit que, le plus souvent, l'aviateur ira descendre chez l'ennemi. Pour y remédier, il faudrait accélérer dans des proportions assez élevées la descente du parachute, ce qui est incompatible avec la sécurité.

La question du déploiement rapide se présente sous deux faces. D'une part, le parachute doit s'ouvrir assez promptement pour permettre son utilisation à une distance du sol aussi faible que possible ; d'autre part, il ne doit pas se déployer trop près de l'aéroplane pour que celui-ci ne risque pas de le rejoindre dans sa chute. Les deux trajectoires, celle du parachute et celle de l'avion désemparé sont, *au début*, presque identiques. C'est un point dont il convient de tenir sérieusement compte si l'on ne veut pas que le remède soit pis que le mal.

Quand l'aviateur est amené à abandonner son appareil, il faut qu'il le fasse avec une entière confiance dans l'issue de son acte. Il doit avoir la conviction que son parachute ne restera pas attaché à l'aéroplane. La position occupée par le pilote ne facilite pas,



L'ESSAI DU PARACHUTE A TERRE AVANT L'EXPÉRIENCE AÉRIENNE

Si le parachute doit pouvoir se détacher de l'aéroplane au moment voulu, il ne faut pas qu'il en soit ainsi prématurément. Aussi, les précautions prises avant chaque essai, et plus particulièrement la vérification des différents organes de l'appareil, sont-elles bien compréhensibles.

en général, l'adaptation d'un parachute à son appareil. Son poste se trouve disposé, le plus souvent, à l'avant ou au milieu des ailes, là où le déploiement de la voilure parachutale est une chose particulièrement difficile. Quand le pilote se trouve placé à l'arrière de la cellule, le fonctionnement du parachute est plus aisé à assurer. Sans vouloir trop approfondir la question, il semble que le parachute devrait être, dans presque tous les cas, fixé sous l'aéroplane, vers le châssis d'atterrissage ou parallèlement au fuselage. Il serait enfermé dans une caisse spéciale et relié à l'aviateur au moyen des suspentes. Ce serait, en somme, l'application aux avions du parachute d'aérostation. Toutefois, cette application ne saurait être faite sans quelques modifications. Quand un ballon est abattu, sa nacelle conserve toujours dans l'espace, et pendant toute la durée de la chute, une position à peu près verticale. Un avion désemparé, au contraire, est sens dessus dessous, et le dégagement du parachute devient, dans ces conditions, tout à fait aléatoire.

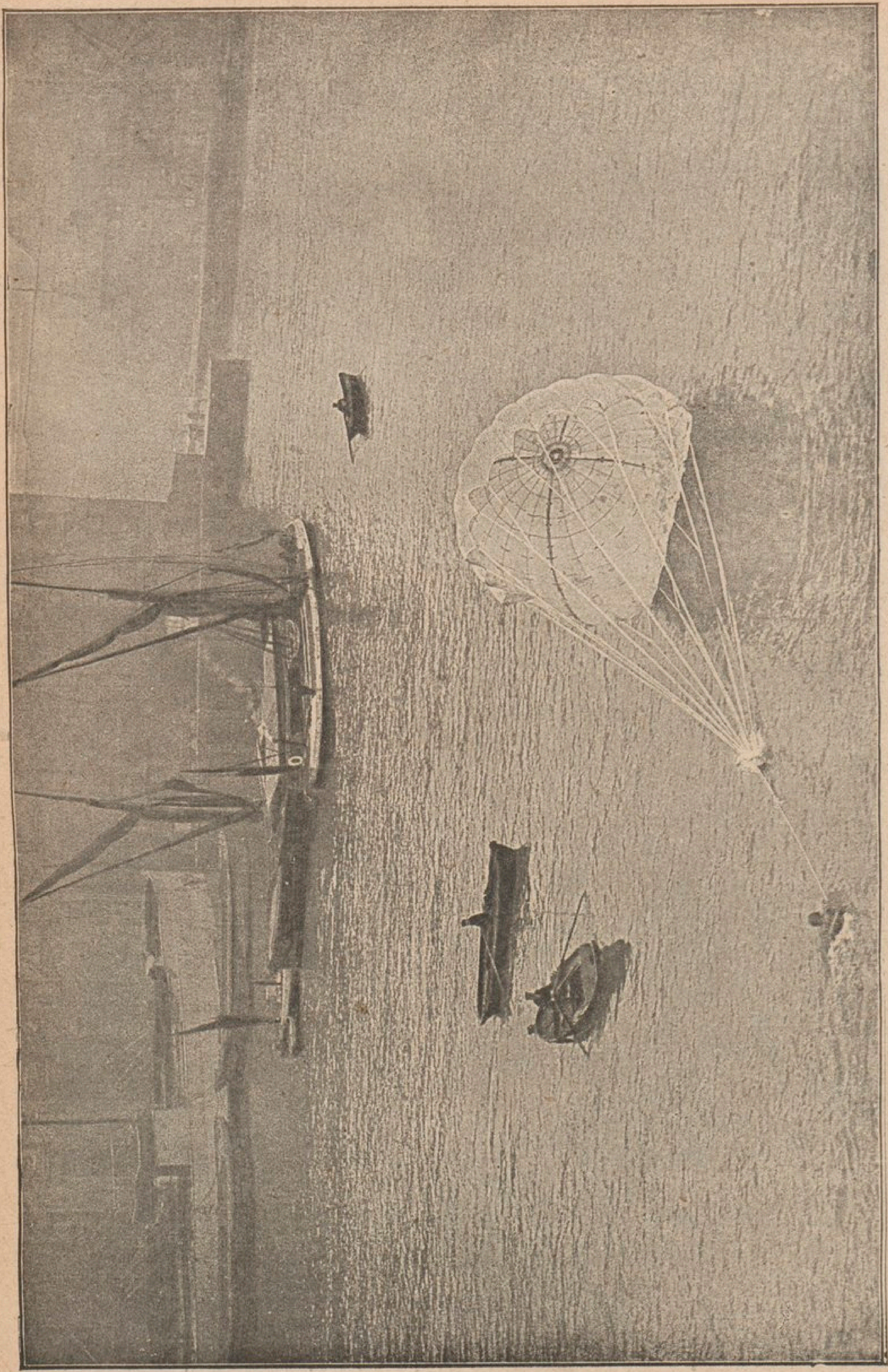
UNE EXPÉRIENCE DE PARACHUTE CALTHROP DU HAUT DU PONT DE LA TOUR DE LONDRES

Pour faire une expérience probante de la rapidité avec laquelle s'ouvrait son parachute, M. Calthrop l'a essayé du haut du Tower Bridge, le fameux pont qui relie les deux rives de la Tamise. La photographie représente l'expérimentateur au moment où il se lance dans le vide, le parachute n'étant pas encore déployé.

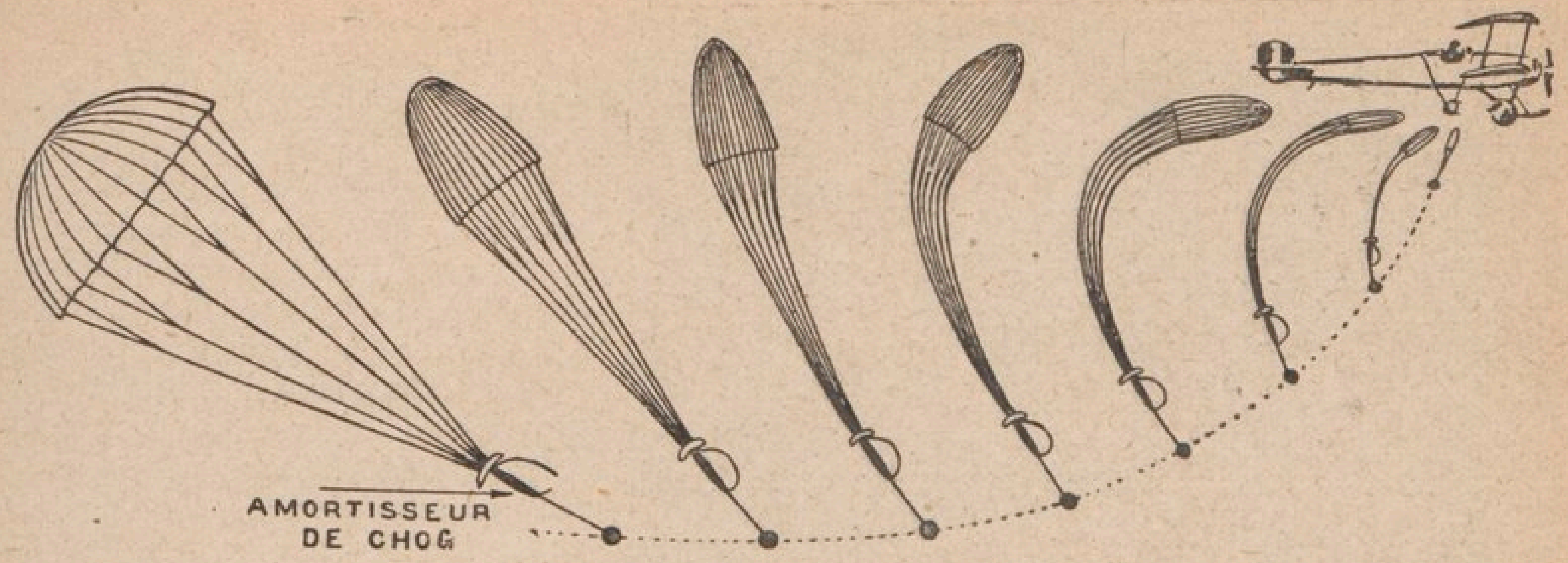
Si l'aviateur pouvait porter sur son dos tout le système de sauvetage, voilure, suspente et ceinture d'attache, ce serait certainement la meilleure solution. Mais le poids de l'ensemble deviendrait fort gênant et risquerait de limiter les mouvements du pilote. Cependant, les Allemands ont inauguré, au mois d'août dernier, un système de parachute individuel qui, paraît-il, donne des résultats satisfaisants. Il est en étoffe très souple et fixé au corps même du pilote. Quand l'avion fait une chute, la pression de l'air fait s'ouvrir le parachute et l'homme qui en est muni se trouve, en quelque sorte, enlevé de son siège. En principe, le parachute doit le déposer doucement à terre, mais il est probable qu'il n'en est pas toujours ainsi (photo page 410).

Un parachute efficace doit pouvoir fonctionner quelle que soit la position prise par l'avion dans l'espace. C'est la grosse difficulté à surmonter, et c'est sur ce point essentiel que doivent porter les efforts des chercheurs.

L'une des premières expériences de



UNE EXPÉRIENCE RÉUSSIE : LE PARACHUTE CALTHROP, COMPLÈTEMENT DÉPLOYÉ, A TOUCHÉ LA SURFACE DU GRAND FLEUVE LONDONIEN

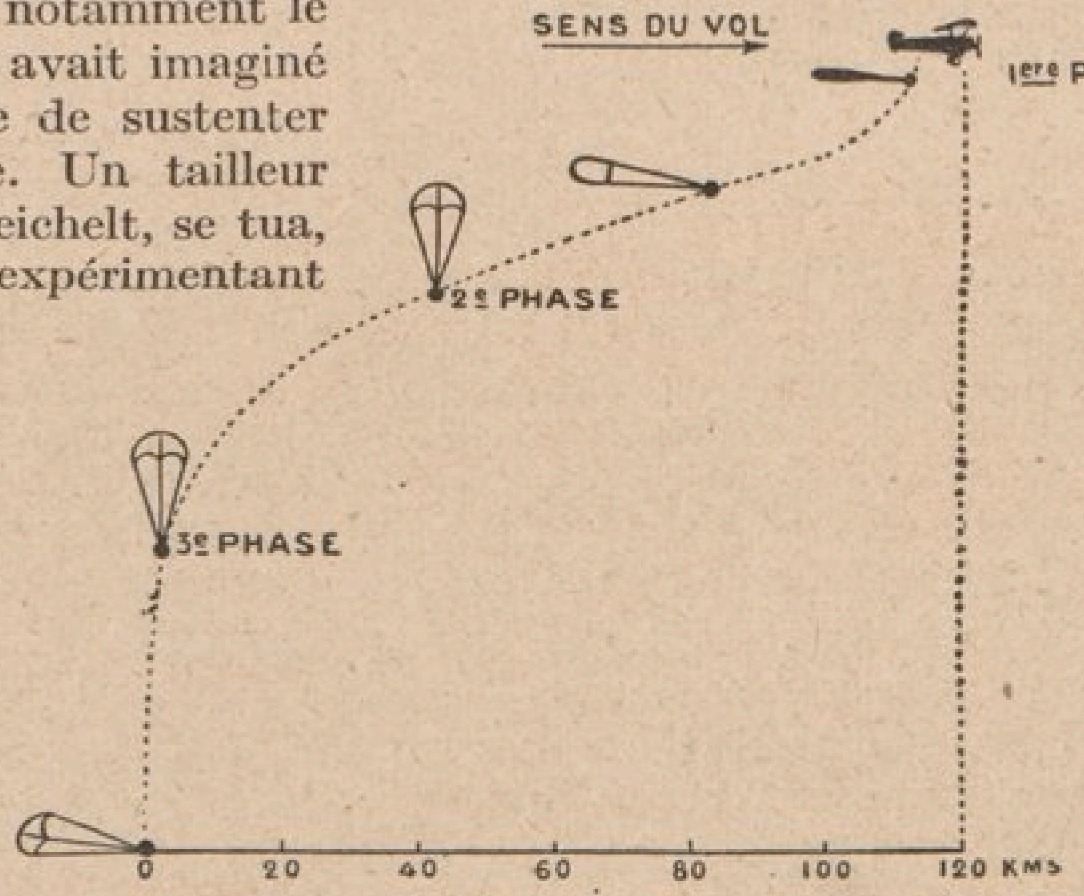


COMMENT SE DÉPLOIE LE « CALTHROP » APRÈS AVOIR ÉTÉ LANCÉ D'UN AVION

Le parachute tombe d'abord rapidement, puis l'air s'engouffrant sous la voilure, écarte celle-ci jusqu'à lui assurer son déploiement maximum. A ce moment, la chute se ralenti. et cesse d'être dangereuse.

parachute destiné à assurer la sécurité des aviateurs, remonte au mois d'août 1910. Elle fut effectuée par M. Gaston Hervieu qui, un peu plus tard, expérimenta, du haut de la tour Eiffel, un dispositif ingénieux qui paraissait efficace. A deux reprises, le parachute s'ouvrit en moins de quinze mètres et déposa lentement sur le sol un mannequin. D'autres inventeurs présentèrent ensuite des modèles intéressants, notamment le capitaine Couade, qui avait imaginé un parachute capable de sustenter l'avion et son pilote. Un tailleur autrichien, nommé Reichelt, se tua, le 4 février 1912, en expérimentant un vêtement parachute d'une surface portante nettement insuffisante. Pour porter un homme du poids moyen de 75 kilos, il faut disposer de cinquante à soixante mètres carrés; le vêtement de Reichelt n'avait que huit à neuf mètres !

D'autres expériences suivirent à la tour Eiffel ou ailleurs, mais des résultats vraiment probants ne furent obtenus que le 16 août 1913, où, pour la première fois, Pégoud se lança résolument dans le vide, suspendu à un parachute Bonnet. Nous ne rappellerons pas en détails l'heureuse issue de cette tentative, qui encouragea plusieurs audacieux à la renouveler. Successivement, MM. Ors, Le Bourhis, etc., expérimentèrent avec succès différents types de parachute. En juillet 1914,



TRAJECTOIRE, PAR VENT NUL, D'UN PARACHUTE LANCÉ D'UN AÉROPLANE

l'*Union pour la Sécurité en aéroplane* attribua une prime d'encouragement à M. Robert, inventeur d'un parachute ingénieusement construit et qui semblait devoir être efficace.

Pourquoi, après de tels résultats, le parachute ne fait-il pas encore partie des organes de bord de l'avion français ? Parce que ces résultats, qui paraissaient concluants à première vue, ne l'étaient nullement en réalité. Les conditions dans lesquelles se firent ces expériences étaient absolument exceptionnelles : l'expérimentateur occupait une place préparée à l'avance et propre à faciliter le lancement et le déploiement du parachute. Si l'aviateur avait dû s'élancer dans le vide, l'appareil retourné ou simplement hors du contrôle du pilote, il est bien probable que le parachute n'aurait pas rempli son but. L'expérience de Pégoud était, en ce sens, beaucoup plus probante que celles qui suivirent, parce qu'elle se rapprochait davantage de la réalité.

Mais toutes ces tentatives, malgré les espoirs qui les accompagnaient, n'ont pas donné, comme nous l'avons dit plus haut, de résultats pratiques, et le champ est encore largement ouvert aux inventeurs français. Nous en connaissons qui cherchent.... Cependant, en Angleterre, des expériences intéressantes

ESSAI, A LA TOUR EIFFEL, D'UN NOUVEAU SYSTÈME DE PARACHUTE POUR AVIONS

Si le premier essai est couronné de succès, un homme se substituera, pour l'expérience suivante, au sac de sable que l'on se dispose à lancer dans le vide.

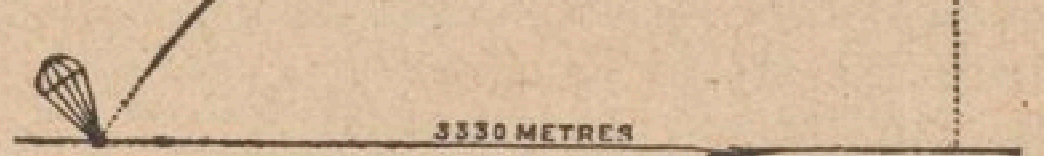
furent entreprises par M. Calthrop, qui paraît avoir très sérieusement étudié la question et appliqué judicieusement les enseignements qu'il a pu tirer de six années d'essais. Il a réalisé un parachute qui s'ouvre instantanément, d'une manière rigoureusement automatique, et pour lequel la chute nécessaire au déploiement est réduite au minimum.

M. Calthrop a d'abord étudié les causes d'insuccès de ses prédécesseurs. Il constata que la plupart de ces insuccès provenaient d'une ouverture incomplète de la voilure et de l'enchevêtrement des suspentes au moment du déploiement. Il fut vite persuadé que si le parachute ne s'ouvrait pas, c'est qu'un vide se formait dans la voilure, vide créé par la poussée de l'air extérieur, passant par l'orifice central du sommet. En effet, il ne faut pas oublier qu'un parachute abandonné à lui-même est soutenu par une masse d'air qui se compresse dans la poche formée par la voilure concave. Autrement dit, il y a une différence de pression entre l'air qui sustente le parachute et l'air extérieur. C'est la pression de l'air intérieur qui détermine le déploiement du parachute. Il faut donc veiller à ce que le vide ne se forme pas dans la poche de toile, car au lieu de se déployer en tombant, le parachute n'étant plus soumis à la pression de l'air, tendrait, au contraire, à se refermer.

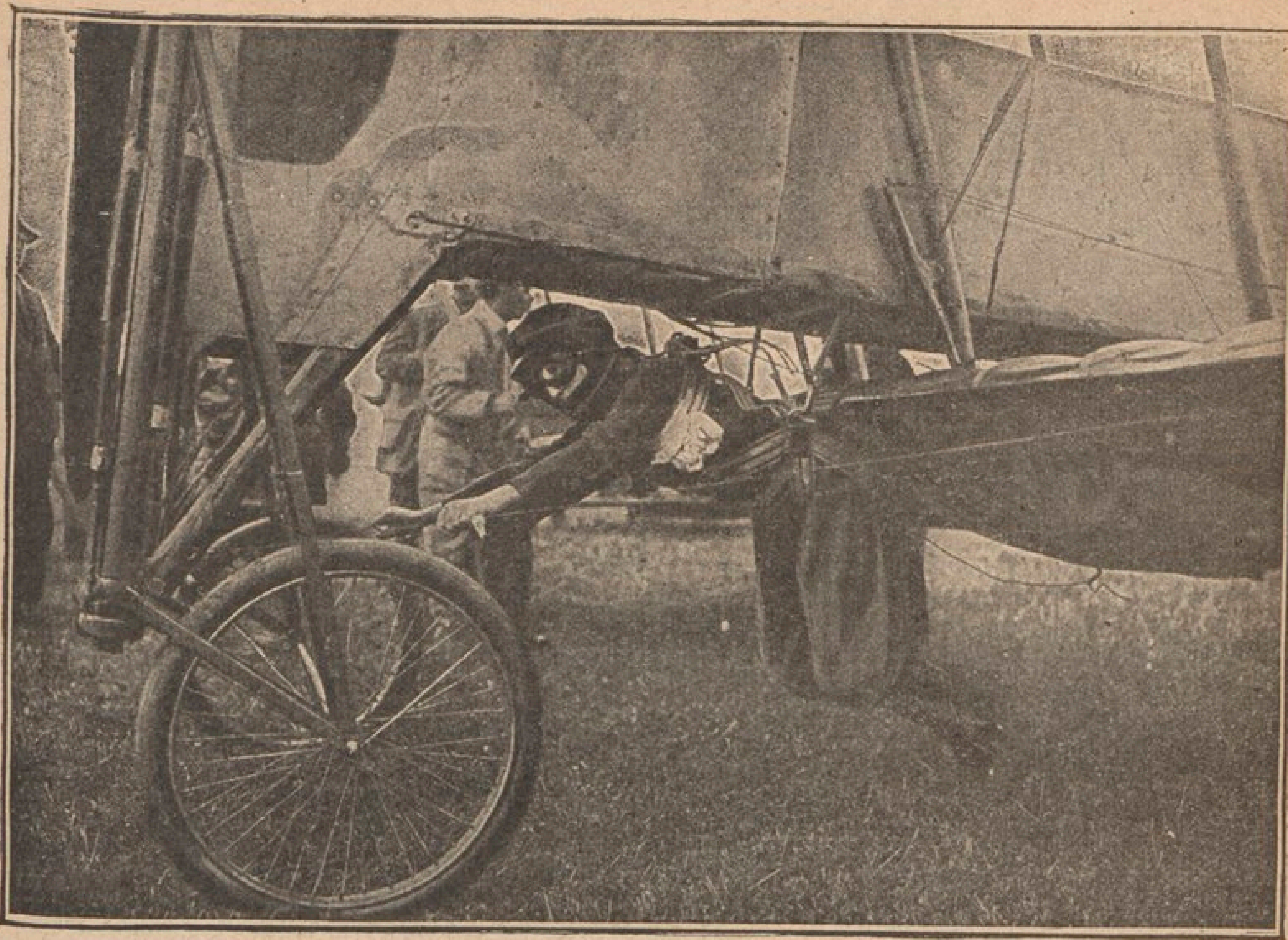
Le parachute Calthrop émerge de la boîte dans laquelle il est plié ; sous sa voilure se trouve constamment emmagasinée une certaine quantité d'air, qui, soumise à la compression dès le premier temps de chute, favorise le déploiement immédiat. A la première seconde, le parachute sort de sa boîte, la voilure présentant la forme d'une brioche ou, plus exactement, d'un cylindre terminé par une demi-sphère ; puis la colonne d'air s'étend, écarte la voilure et assure à celle-ci son extension maximum. La chute est alors enrayée et la vitesse assez réduite pour ne plus être dangereuse.

Pour remédier à l'enchevêtrement des suspentes, il a suffi d'imaginer un mode de repliement convenable à l'intérieur de la boîte qui retient le parachute. Les suspentes se déroulent normalement et la façon dont elles sont pliées rend tout à fait impossible leur enchevêtrement, même dans le vent le plus violent.

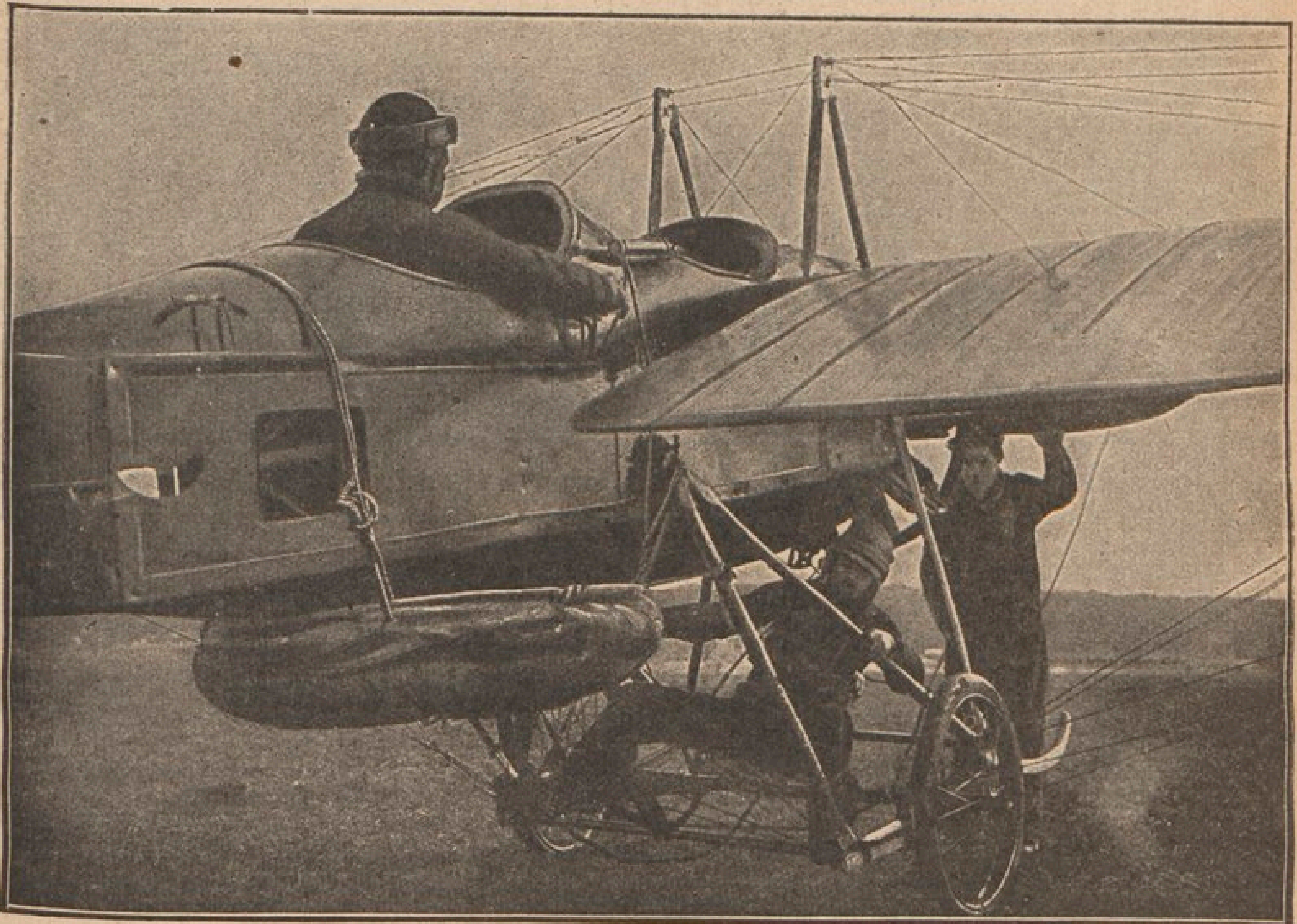
Pendant deux mois, des essais comparés ont eu lieu à la station d'aéronautique navale de Chingford. Ils ont donné d'excellents résultats. Lancé d'un aéroplane



LANCÉ DE 2.000 MÈTRES, PAR VENT DE 6 MÈTRES A LA SECONDE, UN PARACHUTE EST DÉPORTÉ DE 3 KM. 330



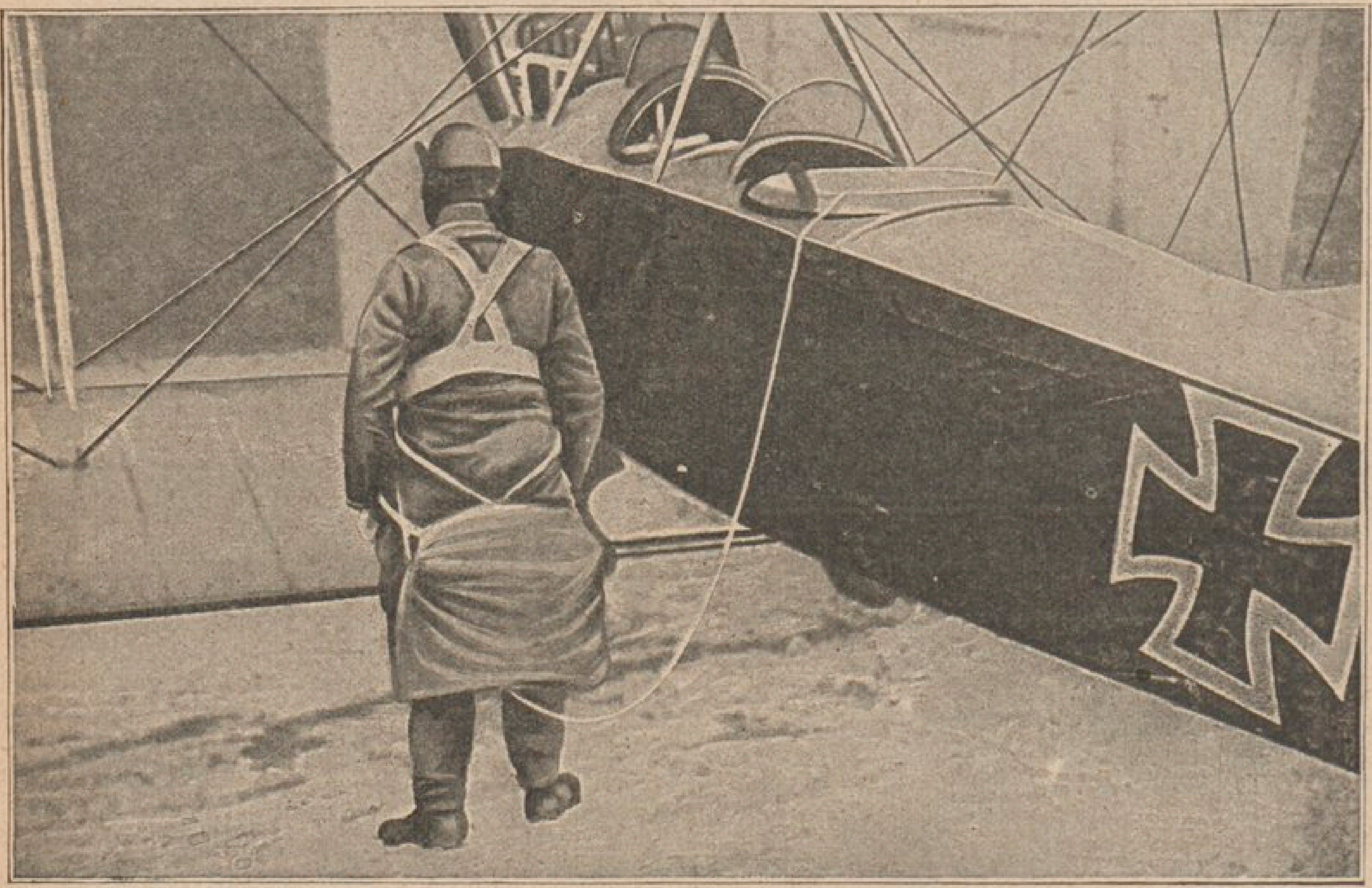
ESSAI D'UN PARACHUTE POUR AVIONS TENTÉ A PARIS PAR MADAME DE CASTELLA



EXPÉRIMENTATION DU PARACHUTE « ORS » A BORD D'UN MONOPLAN DEPERDUSSIN

volant à la vitesse moyenne de 120 kilomètres à l'heure, le parachute Calthrop s'est ouvert en moins de 30 mètres. La hauteur du point de chute a été réduite peu à peu; on est arrivé à déclencher l'appareil à 60 et même à 42 mètres du sol, et la voilure s'est déployée à temps. La charge a été augmentée de 50 à 75 kilos sans inconvénient. En dépit du nombre élevé des expériences, le parachute n'a subi aucune avarie et ne présentait pas la moindre trace d'usure ou de fatigue à la fin des multiples essais.

throp a pourvu son parachute d'un amortisseur de choc élastique qui semble efficace. Dès le moment où le parachute a quitté l'avion, il commence à s'ouvrir; après une descente de 30 mètres, il se déploie complètement. La translation, latérale d'abord égale à la vitesse de l'aéroplane, s'atténue peu à peu jusqu'à s'annihiler complètement *si la force du vent est nulle.* Si, au contraire, les rafales sont sensibles, l'atterrissage est relativement dangereux puisque le parachute conserve la vitesse horizontale du vent.



PILOTE ALLEMAND MUNI DE SON PARACHUTE INDIVIDUEL

L'appareil est fixé au corps même de l'homme, et il se déploie automatiquement dès que l'aviateur en danger s'élance de son bord dans l'espace.

La descente du parachute peut être décomposée en trois phases. Pendant la première phase, le parachute, encore replié, ne sustente pas l'aviateur, qui tombe comme une masse ; au début de la seconde phase, la voilure se détend et freine la chute ; à la troisième phase, l'appareil s'équilibre et poursuit sa descente jusqu'au sol à la vitesse réduite de 4 m. 50 à la seconde.

Au deuxième temps, l'aviateur doit supporter un effort considérable, par suite du brusque *freinage* que produit, dans le cours de la chute, le déploiement de la voilure. Pour ne pas être dangereux, cet effort est réparti par des courroies ou des sangles, sur tout le corps de l'aviateur. En outre, M. Calthrop

Pour y remédier, il faut que l'aviateur, dès qu'il a touché le sol, ait la possibilité de se libérer du parachute. Sinon le vent, s'engouffrant dans l'immense voilure, entraînera celui qui y est attaché. Il doit être facile d'imaginer un système de verrou s'ouvrant instantanément à la volonté de l'aviateur. On évitera ainsi de graves conséquences.

Un perfectionnement — réalisé sur le parachute d'aérostation — évite presque totalement le *traînage*. Le parachute allemand, dont nous avons parlé plus haut, possède-t-il un dispositif permettant à l'homme de se séparer de l'appareil quand il arrive à terre? C'est ce que nous ne saurions dire.

G. HOUARD.

LA TÉLÉPHONIE SANS FIL ET AVEC FILS SUR LES LONGUES DISTANCES

Par Cyril BERTHOMIER

Avant d'aborder le sujet délicat qui fait le sujet de cet article, et pour permettre au lecteur le moins familier avec les principes fondamentaux de l'électricité de parvenir sans trop d'effort à la fin de la présente étude, deux choses doivent être expliquées aussi simplement que possible pour demeurer constamment présentes à l'esprit. Ce sont : 1° le mécanisme de la production des vibrations qu'il est nécessaire d'engendrer dans l'éther (on entend par *éther* « quelque chose » qui, bien qu'impondérable, est supposé non seulement remplir les espaces interplanétaires, mais également régner au sein de tous les corps) pour donner naissance aux ondes électriques qui doivent, à la station de réception, reproduire les signaux émis à la station d'émission ; 2° la manière dont ces ondes électriques se font l'agent transporteur des vibrations sonores sous la forme desquelles il faut concevoir le chant et la parole. Nous allons, pour expliquer le premier phénomène, effectuer deux expériences très simples :

Dr LEE DE FOREST

C'est à cet ingénieur éminent qu'on doit en grande partie les incroyables portées récemment obtenues par la téléphonie sans fil.

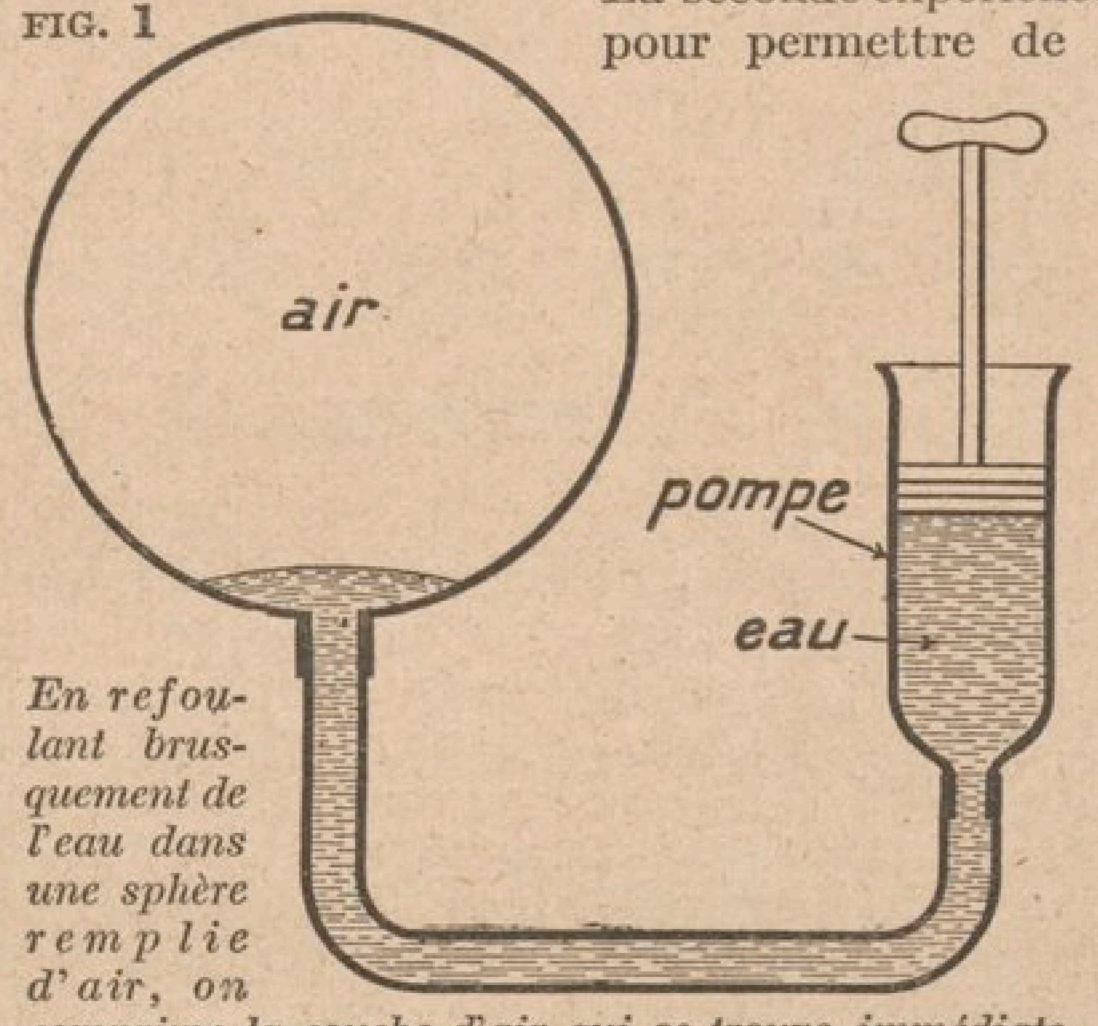
Considérons un récipient sphérique plein d'air et muni d'une ouverture par laquelle on puisse, au moyen d'une pompe, refouler dans la sphère un fluide quelconque, de l'eau, par exemple (figure 1, p. 412).

Si nous pompons, il est évident que la pression de l'air — pression que nous supposerons être d'abord normale — va augmenter, puisque, pour une même quantité, cet air est amené à se contenter d'un volume plus petit. Mais il y a plusieurs manières de pomper : on peut refouler l'eau tout doucement, progressivement ; on peut aussi agir brusquement, rapidement sur le piston de la pompe ; évidemment, le résultat ne saurait changer, c'est-à-dire que, dans un cas comme dans l'autre, la pression augmentera, mais les choses ne se passeront pas tout à fait de la même manière suivant qu'on aura pompé doucement ou, au contraire, brusquement. Dans ce dernier cas, par exemple, et en raison de l'inertie de l'air, nous n'aurons momentanément augmenté la pression que de l'air immédiatement au-dessus de la surface de l'eau ; en d'autres termes, l'air déplacé par l'eau aura formé une couche comprimée qui se sera déplacée à travers toute la substance du fluide sous la forme d'une vague de pression. Il ne faut pas confondre : ce n'est pas l'air du récipient qui se déplace (il ne saurait d'ailleurs le faire puisqu'il est enclos dans la sphère) *mais seulement, dans cet air, la pression communiquée à la couche en contact avec le liquide.* D'autre part, il ne faudrait pas croire que la formation de la vague de pression dans le récipient dépende en quoi que ce soit de l'inertie de tout l'air qui y est contenu ; l'inertie de l'air immédiatement au-dessus de l'eau est parfaitement suffisante, de sorte qu'une vague de pression similaire peut être engendrée dans l'atmosphère tout aussi bien que dans une chambre close ; il suffit simplement de déplacer brusquement l'air à un point donné.

L'air étant invisible, l'expérience qui vient d'être décrite ne permet pas de mettre ces vagues de pression en évidence. Si, cependant, dans une autre expérience, nous le remplaçons par un long ressort à boudin, très

flexible, et soutenu à intervalles aussi rapprochés que possible par des fils ténus, (A, fig. 2), et, d'autre part, la pompe à eau, qui ne servait, en somme, qu'à ébranler l'air du récipient, par un marteau au moyen duquel nous frapperons l'une des extrémités du ressort, nous engendrerons dans celui-ci un phénomène absolument comparable à la vague de pression qui se propageait dans la sphère. Si, en effet, nous frappons d'un coup sec une extrémité du ressort, nous pouvons observer que, au moment du choc, seules les premières spires du ressort sont comprimées, ce que leur rapprochement momentané rend visible (B, figure 2) ; or, immédiatement après, nous voyons cette section comprimée se déplacer tout le long du ressort (C, figure 2), les spires revenant, après son passage, à leur état primitif.

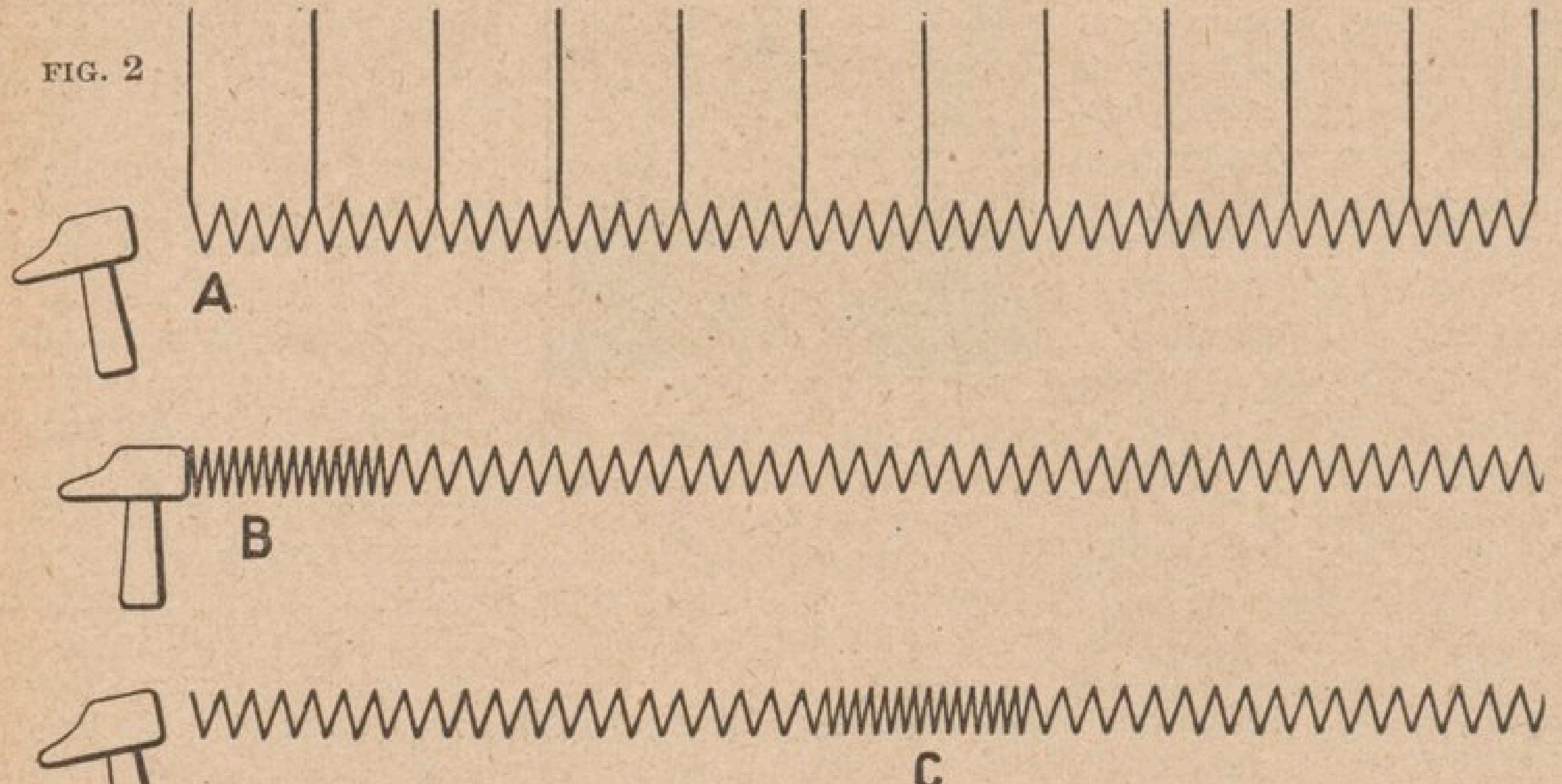
FIG. 1



En refoulant brusquement de l'eau dans une sphère remplie d'air, on comprime la couche d'air qui se trouve immédiatement au contact de l'eau; cette compression se propage de proche en proche à travers toute la substance gazeuse sous la forme d'une vague de pression.

De même que ce n'était pas, dans la première expérience, l'air qui se déplaçait, dans la seconde, ce ne sont pas davantage les spires comprimées qui se meuvent, *mais la compression même de ces spires.* La seconde expérience n'est mentionnée que pour permettre de mieux comprendre la première et d'arriver à cette conclusion qu'un ébranlement de l'air, causé en un point quelconque par un choc d'une nature également quelconque, peut donner naissance à une vague de pression. Ceci, pourtant, n'est pas absolument exact si, par vague, on entend une oscillation complète, car l'augmentation soudaine de pression au point considéré ne correspond qu'à une impulsion et non à une vibration. Pour produire une oscillation complète, il faut que la pression soit d'abord augmentée au-dessus de la normale ; ensuite, réduite au-dessous de la normale et enfin ramenée à nouveau à la normale, de même qu'une lame élastique, et cela se conçoit aisément, ne saurait vibrer sans s'éloigner de part et d'autre de sa position d'équilibre.

FIG. 2



Si l'on frappe un coup de marteau à l'extrémité d'un long ressort spirale très flexible et soutenu par des fils ténus A, *on produit une compression des premières spires* B. *Or, on peut voir cette compression se déplacer comme une vague le long du ressort* C *et disparaître complètement à l'autre extrémité.*

Les oscillations, auxquelles on donne le nom d'*ondes* lorsqu'elles se déplacent, ont la propriété de se propager en rayonnant et de produire au sein de tout corps, solide, liquide ou gazeux, interposé sur leur passage, un dérangement de la même nature que celui qui leur a donné naissance. De ce qui précède, on comprend que, pour donner naissance à une série d'ondes, le milieu où on veut l'engendrer doit être ébranlé plusieurs fois en succession et que si l'on veut que les ondes se suivent sans discontinuité, c'est-à-dire qu'elles soient *entretenues* et aient constamment la même amplitude, les ébranlements successifs doivent mettre en jeu la même énergie et être assez rapprochés pour que le front d'ondes de la seconde série se raccorde exactement avec la queue de la première série, de même pour la troisième série, la quatrième, etc.

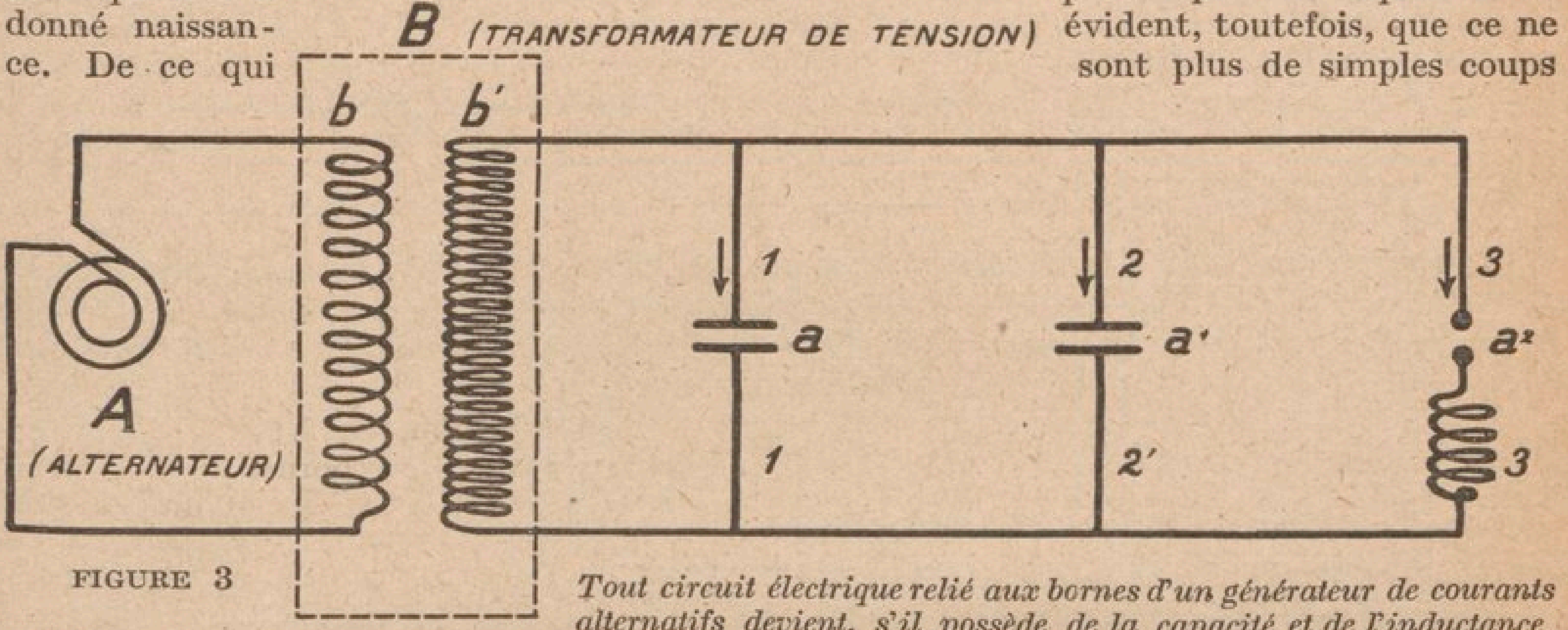


FIGURE 3 *Tout circuit électrique relié aux bornes d'un générateur de courants alternatifs devient, s'il possède de la capacité et de l'inductance, c'est-à-dire s'il est pourvu de condensateurs et de bobines d'induction, le siège de courants oscillants. (Se reporter au texte pour l'explication de la théorie du phénomène).*

Nous n'avons parlé, jusqu'ici, que d'ondes de pression générées dans l'air. Les ondes électriques nécessaires à la transmission des signaux radiotélégraphiques ou de la parole et qui doivent se propager à travers l'éther (à la vitesse moyenne de 300.000 kilomètres à la seconde) leur sont en tous points comparables, et nécessitent, pour être générées, des ébranlements ou déplacements périodiques identiques. Il est évident, toutefois, que ce ne sont plus de simples coups de piston ou de marteau qui pourraient produire ces déplacements. Ce sont des décharges électriques de très haute tension

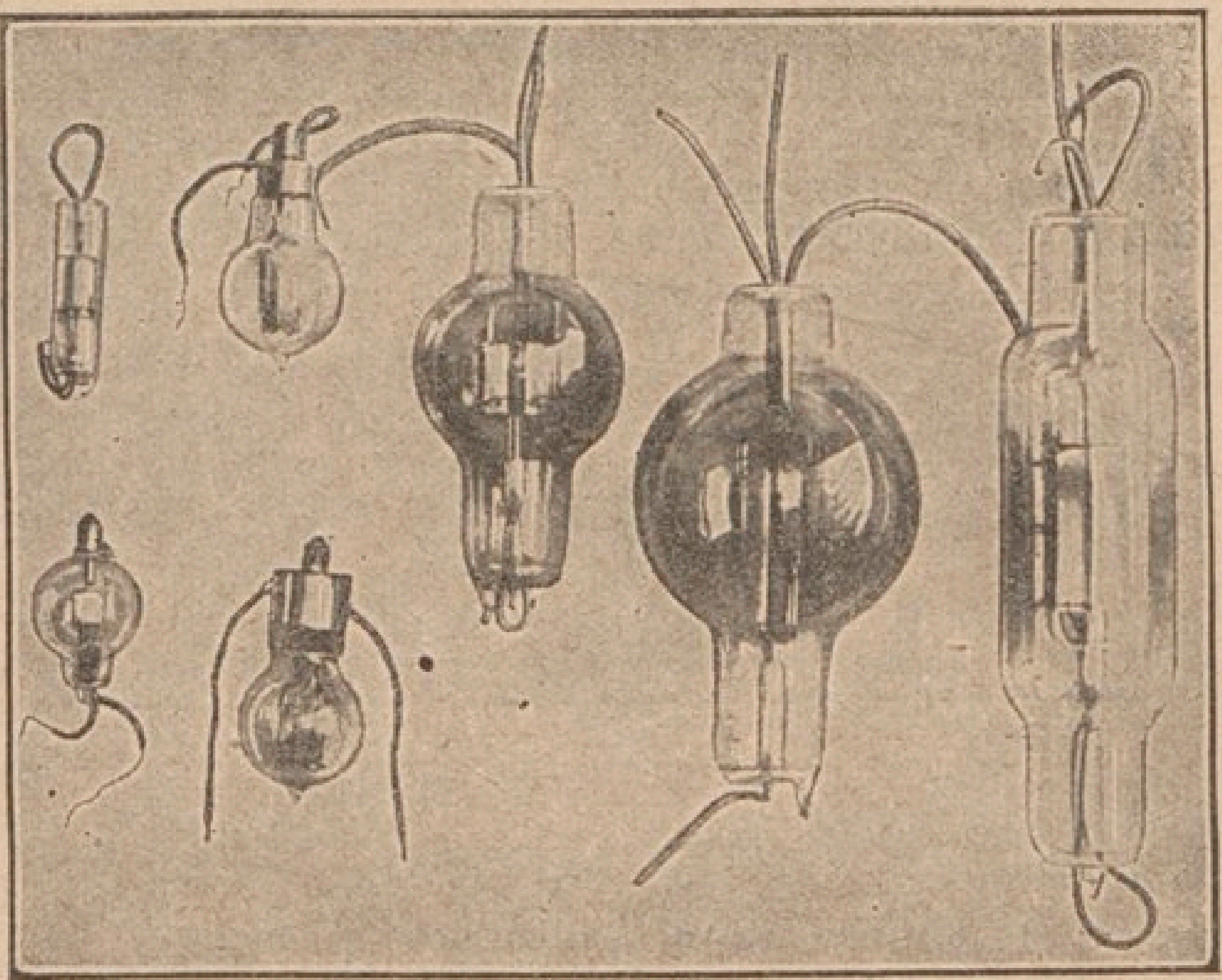
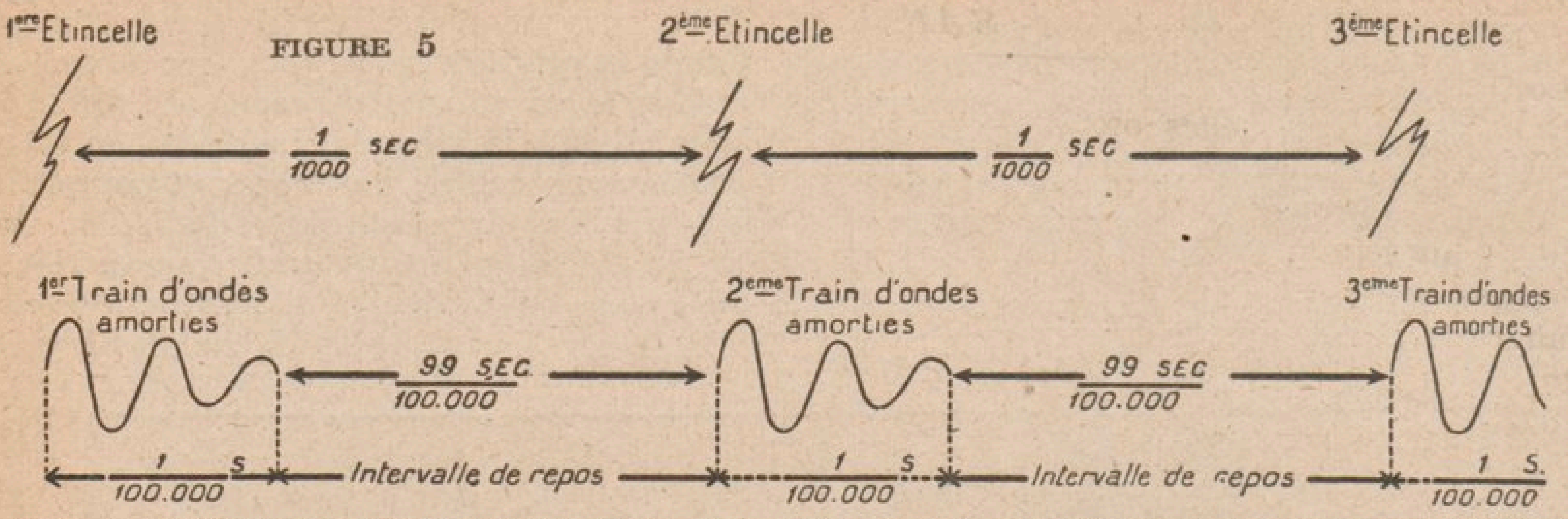


FIG. 4. — LES DIFFÉRENTES FORMES ET DIMENSIONS DES AUDIONS TRANSMETTEURS ET RÉCEPTEURS.

Les uns ont la forme d'un tube, les autres, celle d'une ampoule en poire; tous sont à l'intérieur construits d'une façon analogue. Les opérateurs français les appellent curieusement des « loupiotes ».

Prenons un générateur ordinaire de courant alternatif, c'est-à-dire un alternateur *A*, figure 3), et relions ses deux bornes à celle du circuit primaire *b* d'un transformateur *B* de tension, dont le rôle consiste à accroître le voltage du courant fourni par le générateur au détriment de son intensité — entre parenthèses, comme il nous faut de la tension et non de l'intensité, peu nous importe la perte que subit cette dernière. Ceci fait, nous connectons les bornes du secondaire *b*' du transformateur à un circuit interrompu en a^2 et ayant

FIGURE 5

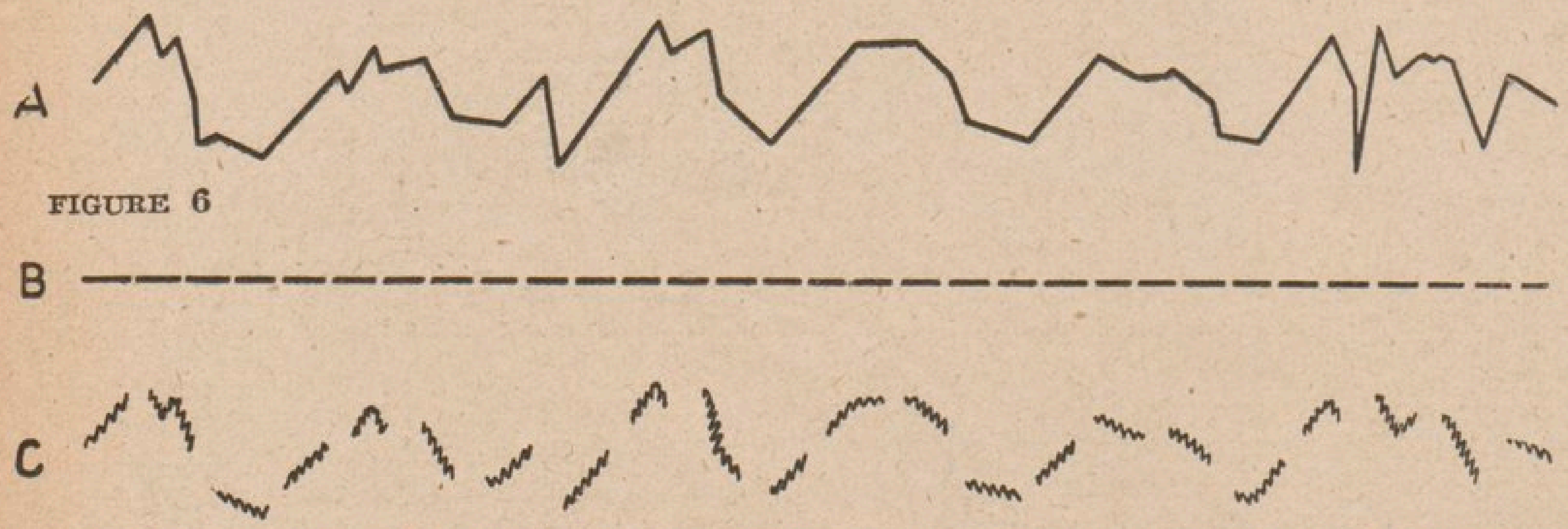


Dans le générateur d'ondes dit « à étincelles », chaque étincelle est suivie de plusieurs oscillations qui vont diminuant d'amplitude jusqu'à extinction complète et, avant qu'une autre étincelle permette la répétition du phénomène, il règne un intervalle de repos complet. Les ondes générées par ce système sont donc amorties et interrompues.

deux dérivations distinctes : 1-1', 2-2', interrompues également chacune en a et a^1.

Plaçons au bout du fil 1 et à l'extrémité du fil 1' une plaque métallique ; opérons de même pour 2 et 2' ; nous aurons ainsi en a et a^1 un couple de plaques conductrices se faisant vis-à-vis mais séparées par un espace d'air isolant que nous appellerons désormais « diélectrique ». Les lecteurs auront déjà reconnu que la disposition ainsi réalisée en a et a^1 reproduit deux condensateurs. a^2 reste une simple coupure, mais les extrémités des fils 3 et 3' sont garnies chacune d'une sphère ou d'un cylindre métallique auxquels on donne le nom d' « éclateurs » ; nous en verrons plus loin la raison. Contournons maintenant un tronçon du circuit, le conducteur 3', par exemple, de manière à lui faire décrire, en B, quelques spires analogues à l'enroulement d'un fil sur une bobine. Le circuit que nous venons de disposer étant bien présent à nos yeux, considérons maintenant ce qui va se passer lorsque nous mettrons en marche l'alternateur. Par définition, la différence de potentiel maintenue entre ses bornes part de zéro pour atteindre progressivement un maximum, décroît ensuite graduellement jusqu'à revenir à zéro, change de sens, repasse par un nouveau maximum, et revient encore à zéro, le cycle de ces opérations se renouvelant ensuite dans le même ordre tant que fonctionne l'appareil (si les bornes de ce dernier étaient reliées à un circuit extérieur, cette différence de potentiel variable entretiendrait dans le circuit une force électromotrice qui passerait par les mêmes variations). Par conséquent, lorsque nous aurons mis en marche notre alternateur, une différence de potentiel allant croissant et qui sera considérablement multipliée par le transformateur B sera maintenue entre les plateaux 1 et 1', 2 et 2' ainsi qu'entre les éclateurs 3 et 3', sans, bien entendu, qu'aucun courant puisse circuler dans le circuit. La tension résultant de cette différence de potentiel peut être assimilée à une

FIGURE 6



Si nous représentons par A les variations d'amplitude des vibrations produites par l'énoncé d'un certain mot et par B les trains d'ondes émis par un générateur à étincelles, C nous montre la manière dont le mot sera coupé et reçu dans le téléphone. Il est évident qu'on ne saurait guère le reconnaître, d'où la nécessité de produire des trains d'ondes beaucoup moins espacés et même, de préférence, des ondes entretenues pour transmettre la parole à travers l'espace.

pression s'exerçant, au moment considéré, dans le sens des flèches, sur le diélectrique des condensateurs a et a^1 et des éclateurs a^2.

Cette comparaison n'est pas une simple image, car, suivant la belle théorie de Maxwell, pour ainsi dire universellement admise (il y a en tout des dissidents), les corps ou substances qualifiés d'isolants ne sont pas en réalité non conducteurs d'électricité, mais opposent au passage du courant une résistance d'une autre nature que celle offerte par les corps baptisés « conducteurs ». a^2 sont des ressorts qui, sous la pression (tension) maintenue par le générateur, se compriment, et cela d'autant plus que cette pression augmente. Si, maintenant, nous supposons que a^2 est un ressort plus faible que les deux autres et qu'il se brise au moment, ou à peu près au moment, où la pression atteint son maximum, nous sommes amenés à voir que a^2 n'offrant plus de résistance, va fournir immédiatement à la pression appliquée à ce point, comme à celles qui essayent de se frayer un passage à

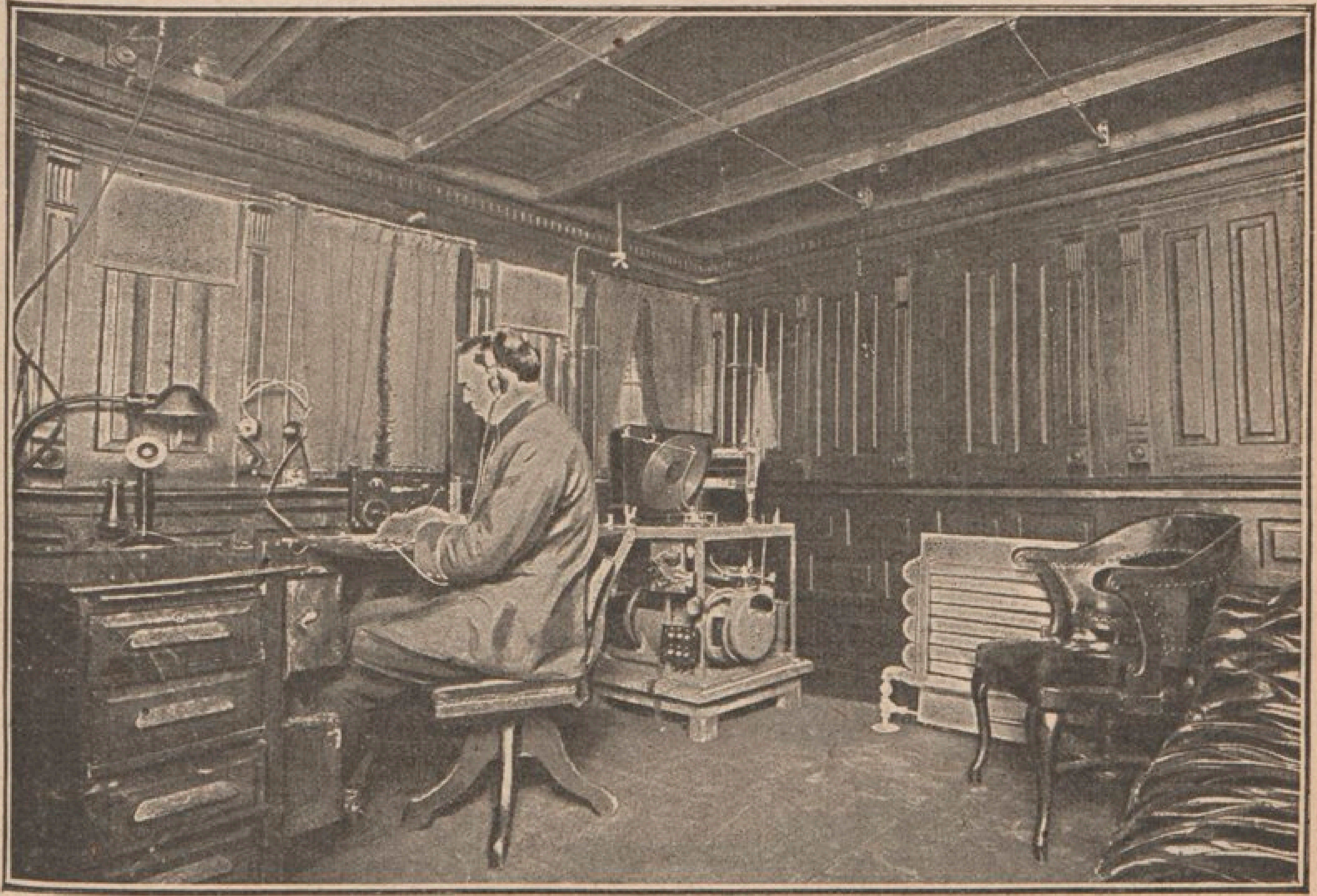


FIG. 7. — LE POSTE DE TÉLÉGRAPHIE SANS FIL A BORD D'UN GRAND PAQUEBOT

Malgré tout le confortable dont on cherche à les entourer, les opérateurs de T. S. F. des navires ont, en temps de guerre, un service très pénible à assurer, sans interruption de jour et de nuit. Ils entendent journellement le tragique S. O. S. de navires à l'agonie et s'attendent eux-mêmes, d'un instant à l'autre, à lancer dans le vaste infini un appel qui, trop souvent, hélas! reste sans écho.

Cette résistance qualifiée *d'élastique* par Maxwell est comparable à celle opposée par un fluide au déplacement du piston qui le comprime, tandis que la résistance offerte par les conducteurs est analogue à la résistance *visqueuse* qui est opposée par un liquide au déplacement d'un corps quelconque; la première engendre une force antagoniste, la seconde n'est qu'un frottement. Puisque la résistance offerte par le diélectrique des condensateurs et éclateurs de notre circuit est de nature élastique, nous pouvons imaginer un instant que les diélectriques a, a^1 et travers a et a^1 le moyen de se détendre.

Pénétrant dans la partie inférieure du circuit, la pression est amenée à s'exercer à nouveau sur a et a^1, qui résistent avec d'autant plus d'opiniâtreté qu'ils ont affaire à une force dont la résistance (visqueuse) des chemins qu'elle emprunte a diminué l'énergie. La pression impuissante est refoulée par l'élasticité des ressorts a et a^1 et, prenant avantage que a^2 est brisé (en supposant qu'il n'ait pas été remplacé), refait le même parcours en sens inverse et va à nouveau s'exercer sur a et a^1, mais, cette fois, dans la

direction initiale. Il n'est pas difficile d'imaginer que le cycle de ces opérations se reproduira sans arrêt jusqu'à ce que la pression ait complètement dissipé son énergie à vaincre des frottements qui l'usent peu à peu. Abandonnons maintenant notre comparaison mécanique. Pression devient tension, mais rien ne change, sauf que la résistance élastique de a^2, si elle cède sous la pression croissante avant que a et a^1 cèdent euxmêmes, ne disparaît pas complètement ; à ce moment, une étincelle jaillit, éclate (d'où l'explication du nom d'*éclateurs* donné aux sphères ou cylindres de a^2).

Cette étincelle est la manifestation du travail que la tension a dû effectuer pour se frayer un passage à travers l'air, et, comme tout travail engendre de la chaleur, cette étincelle représente la transformation en énergie calorique (et même en énergie lumineuse et sonore) d'une partie de la décharge électrique. Si l'étincelle représente une perte de force, par contre, c'est grâce à ce qu'elle échauffe considérablement l'air qui sépare les éclateurs, que la tension détendue, que nous appellerons *courant de décharge*, va, après avoir essayé de franchir les diélectriques a et a^1 en sens inverse, se renverser, franchir à nouveau la coupure a^2 pour tenter encore de traverser les condensateurs, car, contrairement à ce qui se passe pour les solides, la conductibilité des gaz augmente avec la température. Nous avons, jusqu'ici, négligé le rôle des spires formées par le conducteur 3' ; ce rôle est pourtant des plus importants car, sans ces spires, qui constituent ce que nous appellerons une bobine d'induction, l'énergie que le courant né de la première décharge des condensateurs abandonnerait au passage de la coupure a^2 serait en quantité telle que ce courant ne parviendrait probablement pas à retraverser cette dernière.

Reprenons donc notre explication ; le diélectrique a^2 ayant cédé à la tension, celle-ci, ou mieux l'électricité statique qu'elle représente, trouvant un chemin pour s'écouler, se transforme immédiatement en courant. Or, on sait que tout conducteur parcouru par un courant électrique s'entoure de lignes de force magnétiques aptes à induire ellesmêmes dans le conducteur, lorsque cesse le courant qui leur donne naissance, un courant dit de *self-induction* ou de rupture ayant le même sens que le courant qui a disparu ; c'est ce qui explique l'étincelle qui suit, lorsqu'elle est très brusque, la rupture d'un contact électrique. Il est évident, cependant, qu'un conducteur rectiligne ne saurait, lorsqu'il est parcouru par un courant, s'entourer d'un champ magnétique très dense ; si, au contraire, il est contourné en spires parallèles serrées, les lignes de force s'accumulent aux deux extrémités du solénoïde et donnent lieu à un champ très intense apte à engendrer dans les spires, au moment de la disparition du courant inducteur, un courant induit très énergique. C'est ce qui se passe dans les spires 3'. Au moment où le courant de décharge des condensateurs a disparu, un courant de self-induction y prend naissance qui, ayant le même sens que celui qui vient de passer, prolonge ce dernier et le renforce. Ainsi le courant peut-il encore franchir, après la deuxième décharge, le diélectrique des éclateurs (lequel, comme nous l'avons expliqué, offre une résistance que l'échauffement a rendu moindre) et, grâce au nouveau courant d'induction qui suivra son second passage à travers les spires 3', recharger les condensateurs en sens inverse, pour osciller encore plusieurs fois, jusqu'à ce que la résistance normale des conducteurs et surtout celle de la coupure a^2 aient par trop diminué son énergie. A ce moment, pour être franchie, cette coupure nécessite un apport de courant. Or, toutes ces oscillations se sont effectuées à une telle vitesse (on les compte au nombre de plus d'un million par seconde) qu'elles ont cessé avant que la tension fournie par le générateur ait changé de signe et ait pu, par conséquent, fournir au courant oscillant l'apport dont il avait besoin pour se perpétuer.

En d'autres termes, si mille étincelles éclatent par seconde, chacune d'elles est

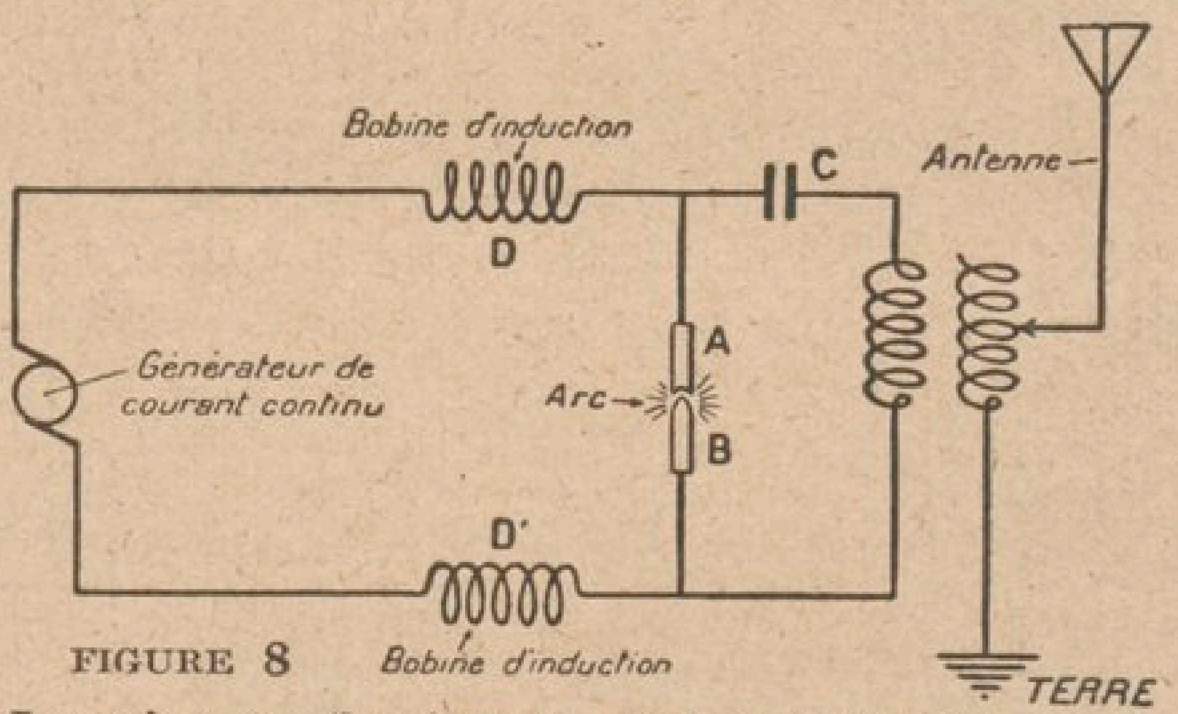


FIGURE 8

Lorsqu'un arc électrique est placé en dérivation sur un circuit possédant de la capacité et de l'inductance, une partie de ce circuit devient le siège de courants oscillants à haute fréquence qui, étant pour ainsi dire ininterrompus, se prêtent à la transmission de la parole à travers l'éther.

séparée de la suivante par un laps de temps égal à un millième de seconde (en supposant, bien entendu — ce qui n'est pas exact — que l'étincelle n'ait pas de durée) et chaque étincelle est suivie par un certain nombre d'oscillations qui, étant donné leur rapidité, ne durent pas, par exemple, plus d'un cent millième de seconde (dans l'exemple que nous venons de citer, nous supposons que dix oscillations sont produites et que leur fréquence est d'un million par seconde).

Il est clair que, dans ces conditions, chaque série d'oscillations est séparée de la suivante par un intervalle de repos égal à quatre-vingt-dix-neuf cent millièmes de seconde. La figure 5 montre beaucoup plus clairement comment il faut interpréter ce qui précède.

Avant d'aller plus loin, il faut retenir qu'un circuit électrique ne peut être le siège d'oscillations que s'il possède de la capacité et de la self-induction, ces deux propriétés correspondant, la première à l'introduction d'un ou plusieurs condensateurs dans le circuit, la seconde à l'introduction d'une ou plusieurs bobines dites de self-induction.

Dans le système générateur d'ondes que nous venons de décrire et qui porte le nom de *système à étincelles*, chaque rupture du diélectrique a^2 correspond au coup de piston ou de marteau des expériences mentionnées, avec schémas explicatifs, au début de notre étude, avec cet avantage que ces ruptures, alternant constamment de sens, équivalent à des vibrations et non à de simples impulsions.

A première vue, il pourrait sembler qu'on n'eût qu'à relier un transmetteur téléphonique ordinaire au circuit du poste radiotélégraphique émetteur et un récepteur à celui de la station d'écoute pour transmettre la voix humaine par l'intermédiaire des ondes électriques. Ce faisant, on réussirait d'ailleurs à entendre dans le récepteur, plus ou moins altérés, certains sons musicaux émis sans grande variation de tonalité et de préférence sur le mode grave, donnant lieu, par suite, à des vibrations dont la fréquence serait peu élevée et l'amplitude à peu près uniforme. On comprend, en effet, qu'en pareil cas, les intervalles de repos séparant les trains d'ondes consécutifs n'affecteraient pas très sensiblement l'audition fidèle du son émis. La transmission parfaite de la parole ou du chant, avec toutes leurs inflexions, est cependant un tout autre problème. Si, en effet, nous représentons par A (fig. 6) les variations d'amplitude que présentent les vibrations correspondant à l'énoncé d'un certain mot, et par B les trains d'ondes émis par un générateur à étincelles, nous voyons en C la manière dont le son correspondant au mot considéré sera coupé et reçu dans le téléphone. Il est clair que le mot ne saurait, dans de telles conditions, être nettement reconnaissable.

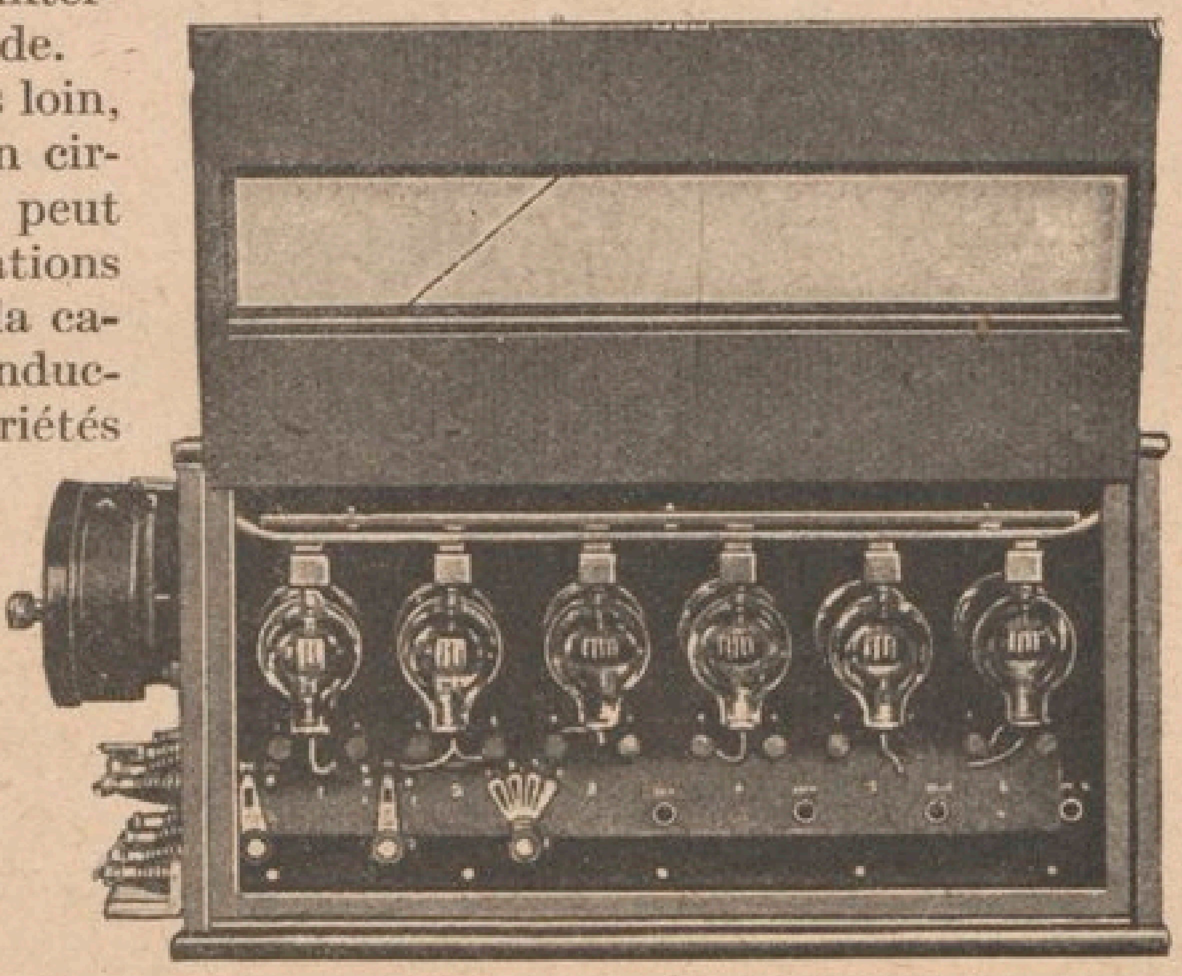


FIG. 9. — BATTERIE D'AUDIONS AMPLIFICATEURS

Le but de cette batterie est de permettre l'audition des signaux radiotélégraphiques émis par les postes de très faible puissance, comme les appareils portatifs employés par les armées en campagne.

Ceci montre, de toute évidence, que le seul obstacle à la transmission de la parole est cet espace de silence qui marque chaque intervalle entre deux trains d'ondes successifs. Il faut donc, ou bien réduire cet intervalle au point qu'il soit négligeable, ou bien, ce qui est évidemment préférable, le supprimer complètement et produire des ondes ne présentant aucune solution de continuité, c'est-à-dire, pour employer le terme technique, des *ondes entretenues*.

La fréquence des vibrations sonores émises par la voix humaine peut, en effet, atteindre, dans ce qu'on appelle les harmoniques, 30.000 par seconde. Il s'ensuit que les ondes électriques que l'on veut charger du soin de transporter ces vibrations doivent posséder en propre une fréquence au moins égale à ce chiffre. Mais l'expérience a montré que ce ne serait pas suffisant et que, pour assurer une bonne transmission de la parole et empêcher que les ondes électriques n'émettent elles-mêmes un son parasite qui serait nuisible à une excellente audition, la fréquence de ces dernières doit être à peu près double de la plus haute fréquence des

vibrations sonores, soit d'environ 60.000.

A l'heure actuelle, il existe quatre différentes sortes d'appareils susceptibles de produire des ondes entretenues. Ce sont :

1° L'alternateur à haute fréquence (Béthenod, Alexanderson, Goldschmidt) ;

2° L'arc chantant de Poulsen, modifié par Duddel, Varna, Colin et Jeance, etc. ;

3° L'audion oscillant du docteur américain de Forest, appelé encore *Oscillon* ;

4° Une variante du système à étincelles due à l'ingénieur italien Marconi.

Nous ne décrirons pas par le menu ces différents systèmes, mais essayerons simplement d'en faire comprendre le principe.

Alternateur à haute fréquence. — L'alternateur étant, par définition, un générateur

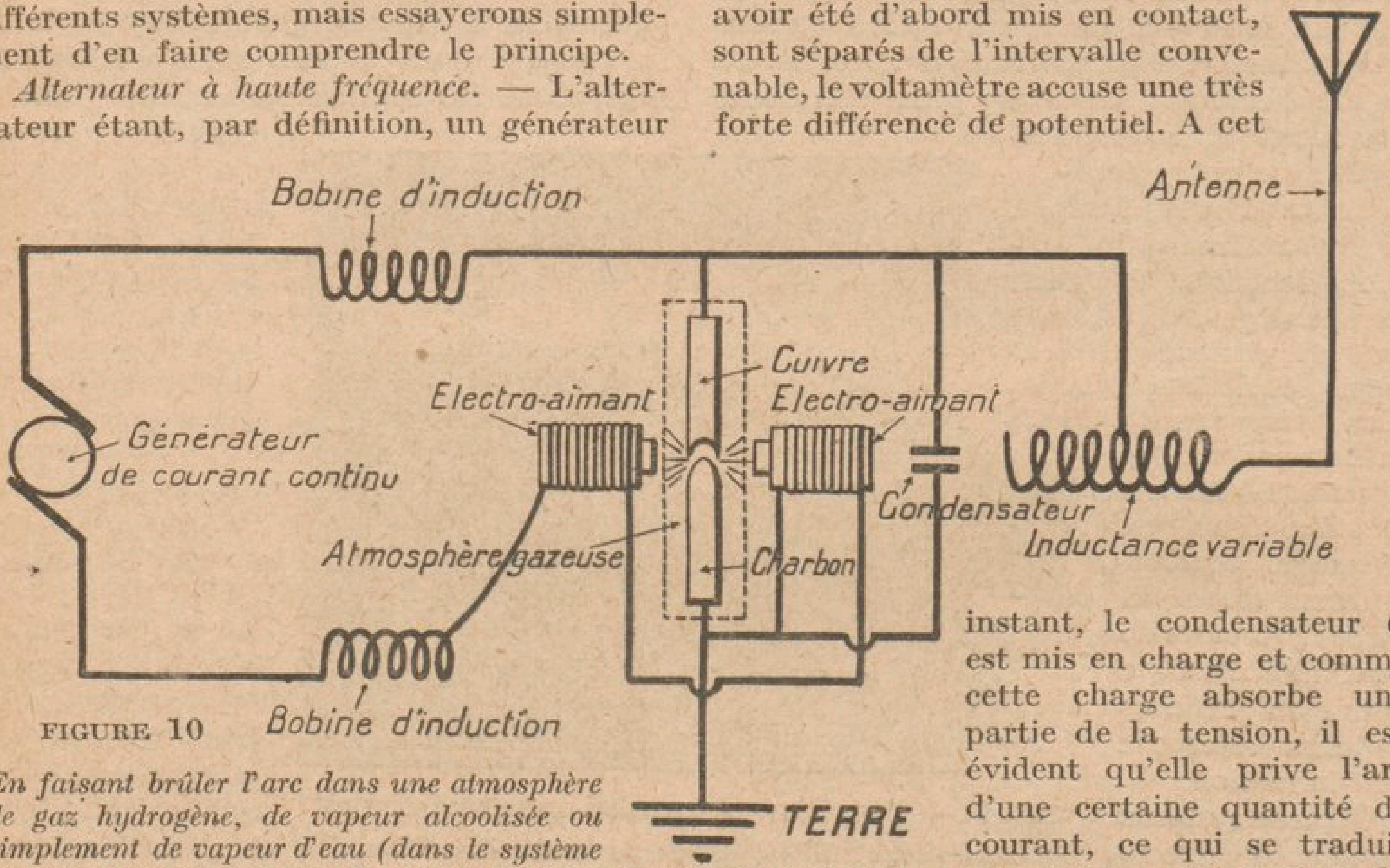


FIGURE 10

En faisant brûler l'arc dans une atmosphère de gaz hydrogène, de vapeur alcoolisée ou simplement de vapeur d'eau (dans le système Colin et Jeance, c'est une atmosphère hydrocarburée) et entre deux électro-aimants, on augmente très sensiblement la stabilité et le rendement du générateur d'ondes que représente l'arc.

de courants alternatifs, il était naturel qu'on songeât à lui pour produire directement ces courants oscillants nécessaires à la radiation des ondes hertziennes. Nous avons vu, tout à l'heure, que la fréquence des courants en question ne saurait être moindre de 60.000 par seconde et qu'il n'y avait qu'avantage à ce qu'elle fût supérieure à ce nombre. Or, pour des raisons que nous ne pouvons exposer ici, la construction d'un appareil répondant à ce desideratum constitue un problème très difficile. Au début, les difficultés semblèrent même insurmontables, mais à force de patients efforts et d'ingénieuses recherches, Béthenod, en France, Alexanderson, aux Etats-Unis, Goldschmidt, en Allemagne, d'autres encore peut-être, réussirent presque simultanément et avec un succès à peu près égal, à produire un alternateur susceptible de générer des courants alternatifs d'une fréquence suffisante pour permettre de tenter la transmission de la parole. Plusieurs systèmes, comme le système Joly-Arco, emploient un alternateur ayant une fréquence initiale assez élevée, 10.000 à 15.000 cycles, qu'un ou plusieurs transformateurs de construction spéciale doublent ou triplent.

Arc chantant. — Considérant le circuit représenté figure 8, voici comment on peut expliquer brièvement le rôle de l'arc :

Au moment où les charbons *A B*, après avoir été d'abord mis en contact, sont séparés de l'intervalle convenable, le voltamètre accuse une très forte différence de potentiel. A cet instant, le condensateur *C* est mis en charge et comme cette charge absorbe une partie de la tension, il est évident qu'elle prive l'arc d'une certaine quantité de courant, ce qui se traduit par une augmentation du potentiel entre les deux charbons. Mais, puisque ce potentiel augmente, il est clair que la tension à laquelle est soumis le condensateur s'accroît également ; il arrive un moment où le condensateur, chargé à pleine capacité, se décharge. Le courant qui prend alors naissance franchit l'intervalle entre les deux charbons, par conséquent, emprunte l'arc dont il diminue la résistance, ce qui revient à diminuer la différence du potentiel entre les deux électrodes ; du même coup, la décharge du condensateur est facilitée puisque la résistance entre *A* et *B* a diminué. Par analogie avec ce qui se passait dans le circuit oscillant dit à étincelles, le courant de décharge recharge le condensateur en sens inverse, aidé en cela par le courant induit par lui dans les bobines d'induction *D* et *D'* ; à nouveau, le condensateur se décharge pour se recharger encore

dans le sens primitif, et ainsi de suite. Le circuit du condensateur devient donc le siège d'un courant oscillant à haute fréquence et pratiquement ininterrompu parce que, avant que les oscillations nées d'une décharge du condensateur aient été complètement amorties, ce dernier, toujours chargé dans le même sens par le générateur qui alimente l'arc de courant continu, s'est à nouveau déchargé, provoquant par ce phénomène de nouvelles oscillations.

C'est parce qu'ils sont, d'une part, multipliés, et, d'autre part, moins amortis, que les courants oscillants obtenus au moyen de l'arc sont, pour ainsi dire, continus. Le défaut de ce générateur est de ne pouvoir utiliser des tensions suffisamment élevées pour permettre les communications à longue distance. On a, cependant, découvert qu'en enfermant l'arc dans une chambre étanche à l'air et en l'alimentant de gaz hydrogène, de vapeur alcoolisée ou même simplement de vapeur d'eau, on augmentait sensiblement la tension de charge, et, par conséquent, le courant de décharge et l'énergie du courant oscillant, en même temps que la fixité de l'arc (on sait qu'un arc électrique fonctionnant à nu a tendance à *sauter*). D'autre part, on s'est aperçu que de puissants électro-aimants, disposés à angle droit de l'arc (fig. 10), tendaient à accroître la différence de potentiel et, en même temps, à rendre plus uniforme l'usure des charbons. Nous tenons à rappeler que deux de nos compatriotes, officiers de marine, MM. Colin et Jeance, avaient, avant la guerre, à ce point perfectionné le système primitif de Poulsen, que, lors d'expériences mémorables faites par eux en juin 1914, la longue dictée de plusieurs articles de presse put être entendue à cinq cents kilomètres du lieu d'émission par un amateur ayant à sa disposition une antenne de 13 mètres seulement de hauteur. Dans le procédé Jeance et Colin, l'arc jaillit dans une atmosphère hydrocarburée.

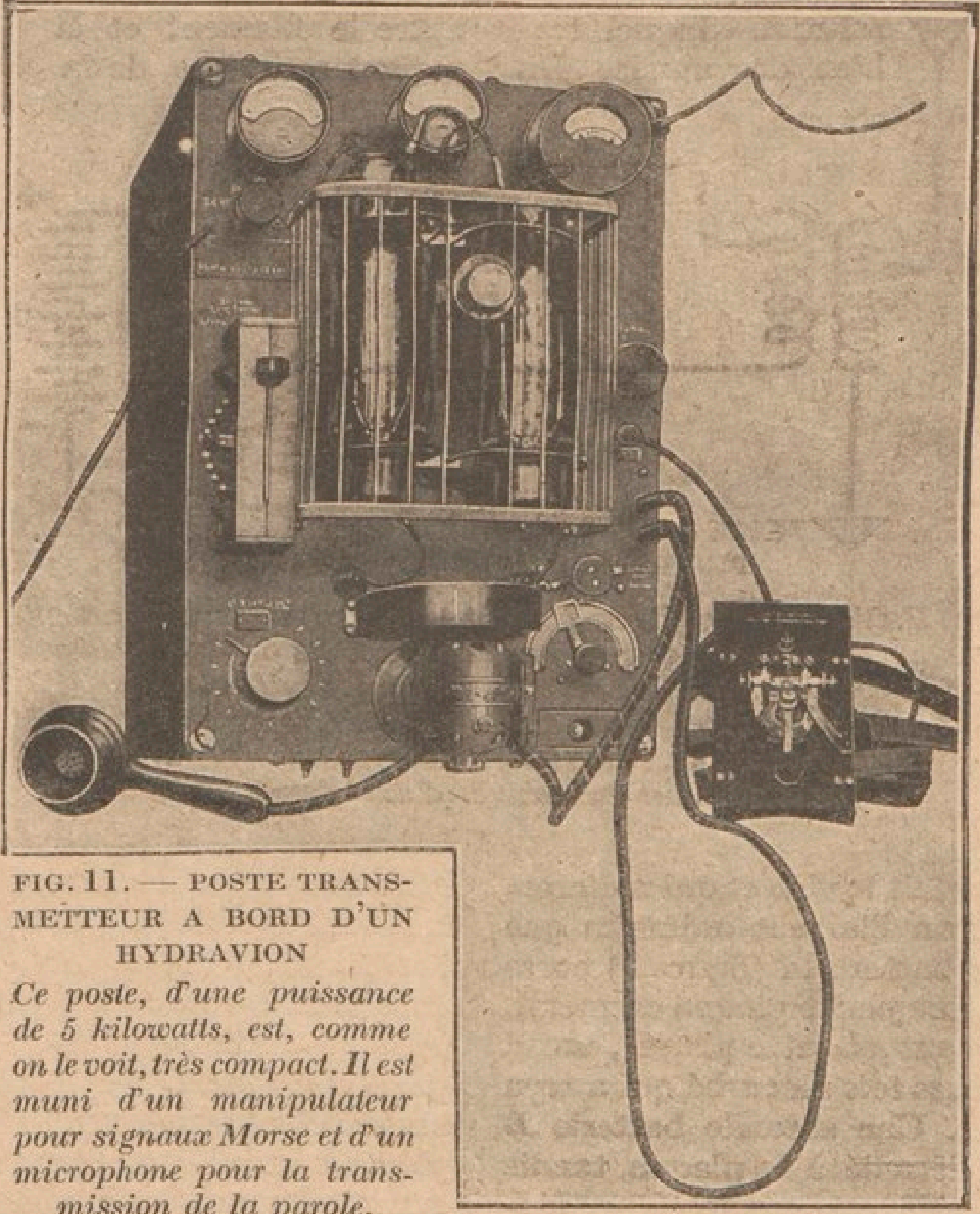


FIG. 11. — POSTE TRANSMETTEUR A BORD D'UN HYDRAVION
Ce poste, d'une puissance de 5 kilowatts, est, comme on le voit, très compact. Il est muni d'un manipulateur pour signaux Morse et d'un microphone pour la transmission de la parole.

La plupart des stations françaises et étrangères importantes possèdent au moins un générateur à arc dont la puissance est parfois considérable (celui de la station navale de San Diego, en Californie, a une puissance de 200 kilowatts et celui de la toute nouvelle station de Cavite, îles Philippines, 350 kilowatts). Plusieurs cuirassés américains possèdent des générateurs à arc de 20 à 30 kilowatts de puissance.

Marconi a élaboré un système générateur d'ondes électriques entretenues qui est une variante, ou mieux un perfectionnement du système à étincelles. Dans ce système, des groupes d'ondes amorties sont produits de telle manière que le second prend naissance avant que le premier ait pris fin ; de même pour le troisième, le quatrième, etc... Ainsi, les ondes radiées ne présentent aucune solution de continuité. D'autre part, dans ce système, les étincelles éclatent *sur commande*, un disque rotatif étant amené à présenter entre les éclateurs, à intervalles de temps réguliers bien que réglables, des tétons métalliques qui, en supprimant au moment de leur passage la plus grande partie du diélectrique, diminuent considérablement la longueur de l'étincelle : ainsi, l'amortissement des oscillations est

considérablement diminué et le nombre de ces dernières, qui prennent naissance après chaque décharge du condensateur, est augmenté dans une proportion importante.

Nous en arrivons maintenant au système qui a fait faire un pas de géant à la transmission de la parole à travers l'espace. Avant de le décrire, il nous faut parler de l'instrument qui, d'abord uniquement utilisé pour la détection des ondes, devint plus tard l'âme du système transmetteur qui allait révolutionner la science nouvelle et permettre en même temps de résoudre un problème à la solution duquel travaillaient depuis bien des années des ingénieurs de tous pays : le problème de la téléphonie avec fils à grandes distances et notamment par conducteurs isolés (câbles souterrains et sous-marins). Ce curieux appareil s'appelle l'*audion.*

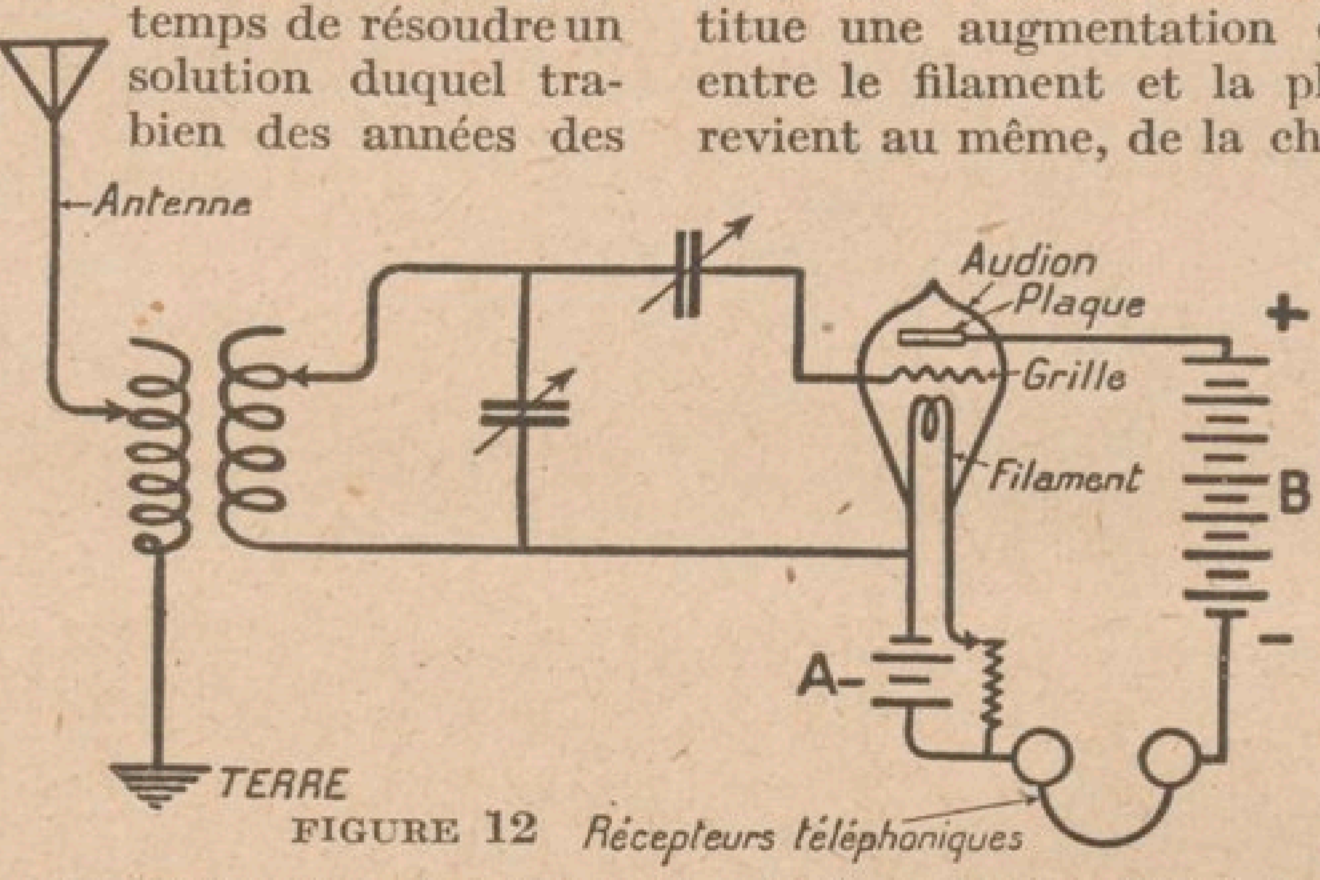


FIGURE 12

Fait d'une ampoule renfermant trois électrodes : un filament, une grille et une plaque, l'audion constitue à la fois, suivant la composition des circuits dans lesquels il est intercalé et l'usage qu'on en veut faire, un détecteur amplificateur de premier ordre, un relais téléphonique très sensible et un générateur d'ondes entretenues d'une simplicité idéale.

L'audion, inventé en 1903-1904 par le docteur ès sciences américain Lee de Forest, est une ampoule de verre dans laquelle on a fait le vide et qui renferme trois électrodes : un filament ordinaire que le courant de la batterie *A* (figure 8) porte à incandescence, une petite plaque en métal, et, entre le filament et cette plaque, un fil métallique plusieurs fois recourbé qui a reçu le nom de *grille.* Une seconde batterie *B* a son pôle positif relié à la plaque, tandis que son pôle négatif est connecté au filament. Considérons ce qui se passe dans le circuit représenté dans la même figure. Le filament, porté à l'incandescence par échauffement, émet des particules d'électricité négative auxquelles on a donné le nom d'*électrons* ou aussi de *thermions* (ions chauds). La plaque étant le siège d'une tension d'électricité positive, attire tout naturellement ces ions négatifs ou électrons qui traversent ainsi l'espace d'air raréfié séparant le filament de la plaque, en passant entre les fils de la grille. Les électrons ont pour propriété de charger d'électricité de même signe qu'eux tous les corps ou substances interposés sur leur passage ; leur transfert du filament à la plaque a donc pour effet de charger négativement la grille. C'est là un mauvais tour que les électrons se jouent à eux-mêmes, car la charge négative qu'ils ont communiquée à la plaque constitue désormais un obstacle à leur passage. Il est clair, en effet, que deux électricités de même signe se repoussant, une certaine proportion des électrons migrateurs sera arrêtée et ne parviendra jamais à la plaque. Ceci conduit à dire que l'introduction de la grille entre les deux autres électrodes constitue une augmentation de la résistance entre le filament et la plaque, ou, ce qui revient au même, de la chute de potentiel entre ces deux électrodes. Il n'est pas mauvais de signaler en passant que, comme la soupape de Fleming, dont il est une intéressante variante, l'audion ne se laisse traverser que par un courant unidirectionnel ; si donc, la batterie *B* était remplacée par une source de courant alternatif, seules les phases négatives du courant pourraient traverser le circuit de l'ampoule ; elles prendraient donc aussitôt la forme d'un courant intermittent, mais unidirectionnel.

Nous avons, jusqu'ici, supposé que la grille ne faisait partie elle-même d'aucun circuit électrique extérieur, mais était simplement un fil métallique sinueux interposé entre le filament et la plaque. Il est évident, cependant, que si elle était reliée au pôle positif d'une troisième batterie, la charge d'électricité qui lui serait communiquée, non seulement l'empêcherait de faire obstacle à la migration des électrons, mais faciliterait encore ce transfert. Inversement, si la grille était reliée au pôle négatif de cette troisième batterie, l'action répulsive serait accrue. Par conséquent, dans le premier cas, la résistance du circuit filament-plaque serait diminuée et, dans le second cas, augmentée. Si nous voulons que ces actions contraires se manifestent en succession, mais alternativement, nous serons conduits à remplacer la troisième batterie, qui est une source de

courant continu, par une source de courant alternatif. Or, nous savons que les ondes hertziennes sont précisément alternatives ; si donc, après les avoir captées au moyen d'une antenne, nous les amenons à influencer la grille (c'est-à-dire à la charger d'électricité alternativement positive et négative), la résistance du circuit filament-plaque va passer par toutes les variations du profil comme de l'amplitude propre des ondes hertziennes. Mais, le courant circulant dans le circuit filament-plaque étant infiniment plus énergique que celui qui oscille dans le circuit de la grille (on sait que l'énergie des ondes hertziennes est, à la réception, extrêmement faible), l'amplitude des variations du premier est infiniment plus considérable que celle des variations du second ; l'audion joue donc le rôle de relais, le courant, très peu intense, qui parcourt son circuit extérieur modulant le courant relativement énergique qui parcourt son circuit intérieur. C'est la raison pour laquelle l'audion n'est pas seulement un détecteur mais encore un relais amplificateur tout à fait remarquable.

Si, maintenant, un récepteur téléphonique est intercalé dans le circuit filament-plaque, il est de toute évidence que son diaphragme va se mettre à vibrer à l'unisson des variations de l'intensité du courant appelé à traverser le téléphone.

Toutefois, comme tout circuit possède, même dépourvu de condensateur et de bobine d'induction, une certaine capacité et une certaine inductance, le flux et le reflux des ondes dans le circuit de la grille auraient pour résultat d'y induire des oscillations ayant une période propre ; la réaction de ces oscillations locales sur celles qui sont captées par l'antenne altérerait ces dernières et nuirait, par conséquent, à une bonne audition des signaux ou des sons émis. Pour obvier à ces inconvénients, il faut traiter le mal par le mal, c'est-à-dire augmenter très sensiblement et la capacité et l'inductance du circuit de la grille, mais de telle manière qu'on puisse varier, par la suite, cette capacité et cette inductance. On parvient ainsi à régler la période des oscillations locales induites dans le circuit de la grille sur celle des oscillations de l'antenne, le circuit de celle-ci comprenant également une capacité et une inductance variables permettant d'accorder la période des oscillations dont il est le siège sur celle des ondes captées. Ces différents réglages s'appellent la *recherche de la résonnance* ou encore la *syntonisation.* Une analogie musicale jettera plus de clarté sur cette question. Supposons, par exemple, que la station émettrice soit constituée par un violon et que la station réceptrice le soit, pour une raison ou pour une autre, par trois. Il est évident que, pour que le troisième violon de la station réceptrice vibre à l'unisson de l'unique instrument émetteur, le premier violon récepteur devra être accordé sur ce dernier, le second récepteur sur le premier récepteur, le troisième sur le second, et ainsi de suite s'il y en avait davantage. Doué d'inductance et de capacité, l'audion devient lui-même, comme nous l'avons vu, oscillant ; il est alors d'une sensibilité qu'aucun autre type de détecteur n'égale à beaucoup près ; pour cette raison, on l'a baptisé du nom significatif de *Ultraudion.*

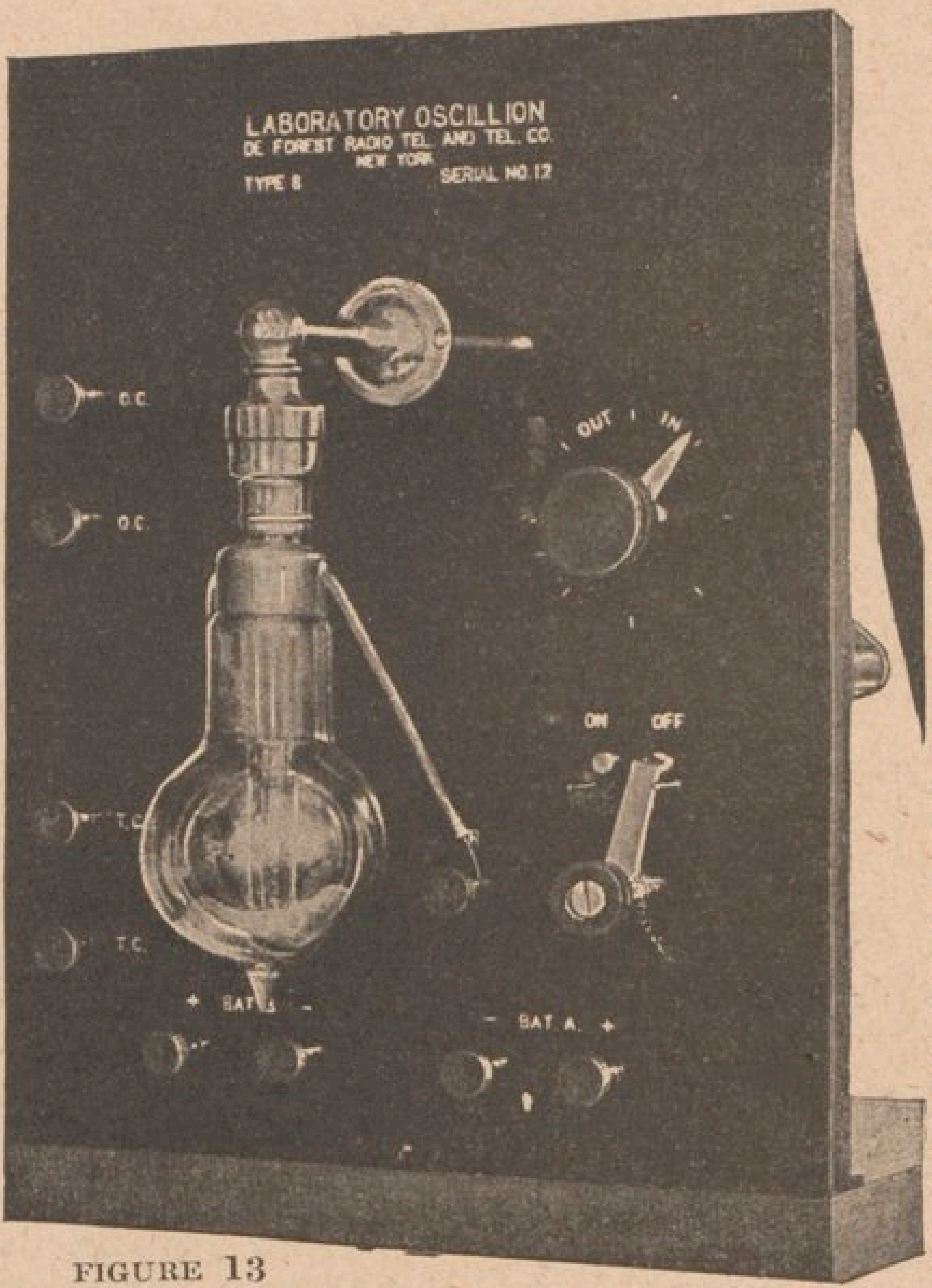


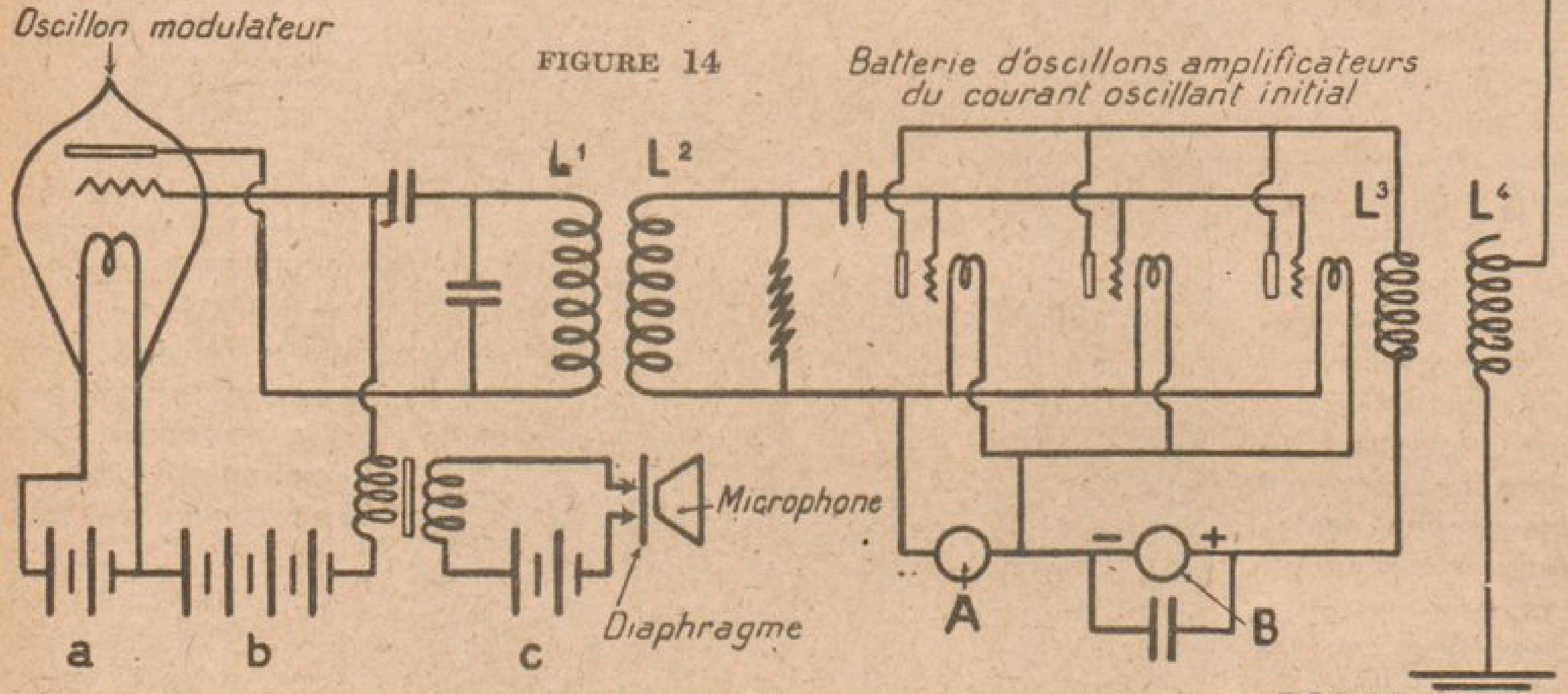
FIGURE 13

POSTE TRANSMETTEUR EN USAGE DANS LES LABORATOIRES

Lorsque les circuits grille-filament et plaque-filament, que nous pouvons appeler respectivement le circuit extérieur et le circuit intérieur, sont associés par induction

mutuelle, c'est-à-dire amenés à réagir l'un sur l'autre (il suffit pour cela que chaque circuit comprenne une bobine d'induction et que les deux bobines soient suffisamment rapprochées pour que leurs flux magnétiques s'influencent mutuellement), un très intéressant phénomène intervient : toute impulsion électrique qui prend naissance ou est engendrée dans le circuit de la grille est, comme nous l'avons expliqué plus haut, induite et amplifiée dans le circuit filament-plaque. Mais, à son tour, cette impulsion amplifiée en induit une autre, beaucoup plus intense que la première, dans le circuit de la grille. Il s'ensuit que l'impulsion qui, derechef, est à nouveau induite et amplifiée dans

FIGURE 14



L'énergie des ondes entretenues générées par l'audion oscillant (appelé « Oscillon ») a, évidemment, des limites. Pour les excéder, il faut monter plusieurs appareils en parallèle. Dans ce cas, tous les oscillons d'une même batterie font partie d'un circuit associé, par induction mutuelle, à un autre circuit renfermant un seul oscillon. Celui-ci, qualifié de Modulateur, *sert, en somme, à donner le ton aux autres.*

le circuit intérieur, est également plus intense que celle qui l'a précédée, et ainsi de suite. Ainsi, l'impulsion originale est automatiquement répétée et amplifiée, se transformant en une oscillation extrêmement rapide qui, à l'inverse des oscillations amorties du système à étincelles, va toujours *crescendo.*

La génération spontanée de ce courant à haute fréquence n'est pas le seul côté intéressant de l'audion oscillant. Puisque, en effet, toute impulsion communiquée au circuit de la grille suffit à donner naissance à des oscillations dont on peut à volonté régler la fréquence, il est évident que si l'on amène le courant téléphonique ordinaire, modulé par la voix d'une personne parlant devant le microphone, à influencer la grille, ce qui revient à produire une série d'impulsions dont l'amplitude varie avec toutes les inflexions de la parole, le courant alternatif généré spontanément reproduira à son tour, fidèlement, toutes ces variations, et les ondes radiées dans l'éther transporteront la parole à travers l'espace. Cela revient à dire que les oscillations dans l'oscillon peuvent être contrôlées, modulées par le courant téléphonique. Si, par conséquent, le Central de notre ville, Paris, par exemple, était doté des instruments nécessaires, nous pourrions appeler un ami, mettons de New-York, au téléphone, sans quitter notre bureau ni employer autre chose que l'appareil qui s'y trouve. Paris-New-York, voilà qui surprendra peut-être bon nombre de lecteurs que les vicissitudes du moment ont maintenus éloignés des progrès de la Science. Mais, et comme l'ont prouvé des expériences qui, en d'autres temps, eussent éclipsé en intérêt tout autre événement (elles furent effectuées en septembre et octobre 1915), les portées du nouveau système de téléphonie sans fil (Oscillon transmetteur et Ultraudion récepteur) s'accommodent fort bien de distances aussi considérables et même plus grandes que celle qui sépare Paris de New-York. En fait, les expériences du mois d'octobre 1915 furent effectuées sur la distance Paris (tour Eiffel) à Washington (station d'Arlington), aux Etats-Unis.

La distance que peuvent franchir les ondes générées par l'oscillon est évidemment consécutive à la puissance mise en jeu, laquelle, à son tour, dépend de facteurs qui

ont leurs limites. Mais, par contre, rien n'empêche d'associer plusieurs oscillons, d'en faire une batterie dans laquelle l'énergie des ondes ira *crescendo* de la première à la dernière ampoule, comme la force vive d'un courant d'eau augmente avec chaque chute. C'est ce qui a été fait en 1915, lors des expériences précitées ou plusieurs centaines d'oscillons, montés en parallèle, furent employés. Le schéma de la figure 14, à la page 422, reproduit une semblable cascade d'oscillons transmetteurs.

Nous allons maintenant dire deux mots du rôle de l'audion dans la téléphonie avec fils sur longues distances. En raison des pertes d'énergie dues à la résistance des fils conducteurs (résistance qui, pour être diminuée, eût nécessité l'emploi de conducteurs ayant une section relativement considérable, entraînant par suite des dépenses prohibitives), les variations d'intensité du courant téléphonique parvenant au récepteur d'une ligne quelque peu longue et correspondant aux modulations de la parole étaient de l'ordre du *millionième de watt.* Comment des variations aussi faibles auraient-elles pu influer sur le champ magnétique des électro-aimants du récepteur au point de permettre au diaphragme, qui, si mince qu'il soit, n'en est pas moins un disque de métal, de vibrer à l'unisson desdites variations ? Il est de toute évidence que, pour résoudre le problème, il fallait trouver le moyen de renforcer le courant téléphonique et, par conséquent, ses variations — dans une mesure qui contrecarrât le plus possible l'affaiblissement que lui causait la résistance ohmique des conducteurs. La bobine d'induction, découverte par le professeur Pupin, de l'Université de Columbia, fournit le premier moyen d'atteindre partiellement ce résultat. En intercalant de ces bobines à intervalles suffisamment rapprochés dans le circuit téléphonique, on réussit à transmettre intelligiblement la parole à plus de 1.600 kilomètres de distance par lignes aériennes (conducteurs nus) et à environ 35 kilomètres par conducteurs isolés (canalisations souterraines ou câbles sous-marins). Expliquons, à ce propos, que l'énorme différence de portée justement énoncée entre la transmission par fils nus et la transmission par conducteurs isolés, différence qui est encore plus grande dans le cas des lignes sous-marines que dans celui des lignes souterraines, est due à ce que l'isolant joue le rôle de diélectrique entre, d'une part, l'âme métallique du câble, et, d'autre part, la terre ou l'eau environnante. Or, la terre n'est que mauvaise conductrice ; quant à l'eau salée, elle est relativement un très bon conducteur, de sorte que le câble et la terre ou le câble et la mer forment un condensateur qui, chargé par le courant téléphonique, absorbe évidemment une bonne partie de l'énergie de ce dernier ; cet effet de capacité a d'ailleurs d'autres désavantages. Dans le cas qui nous occupe, nous ne retiendrons que celui qui revient, en somme, à augmenter dans de grandes proportions la résistance du circuit.

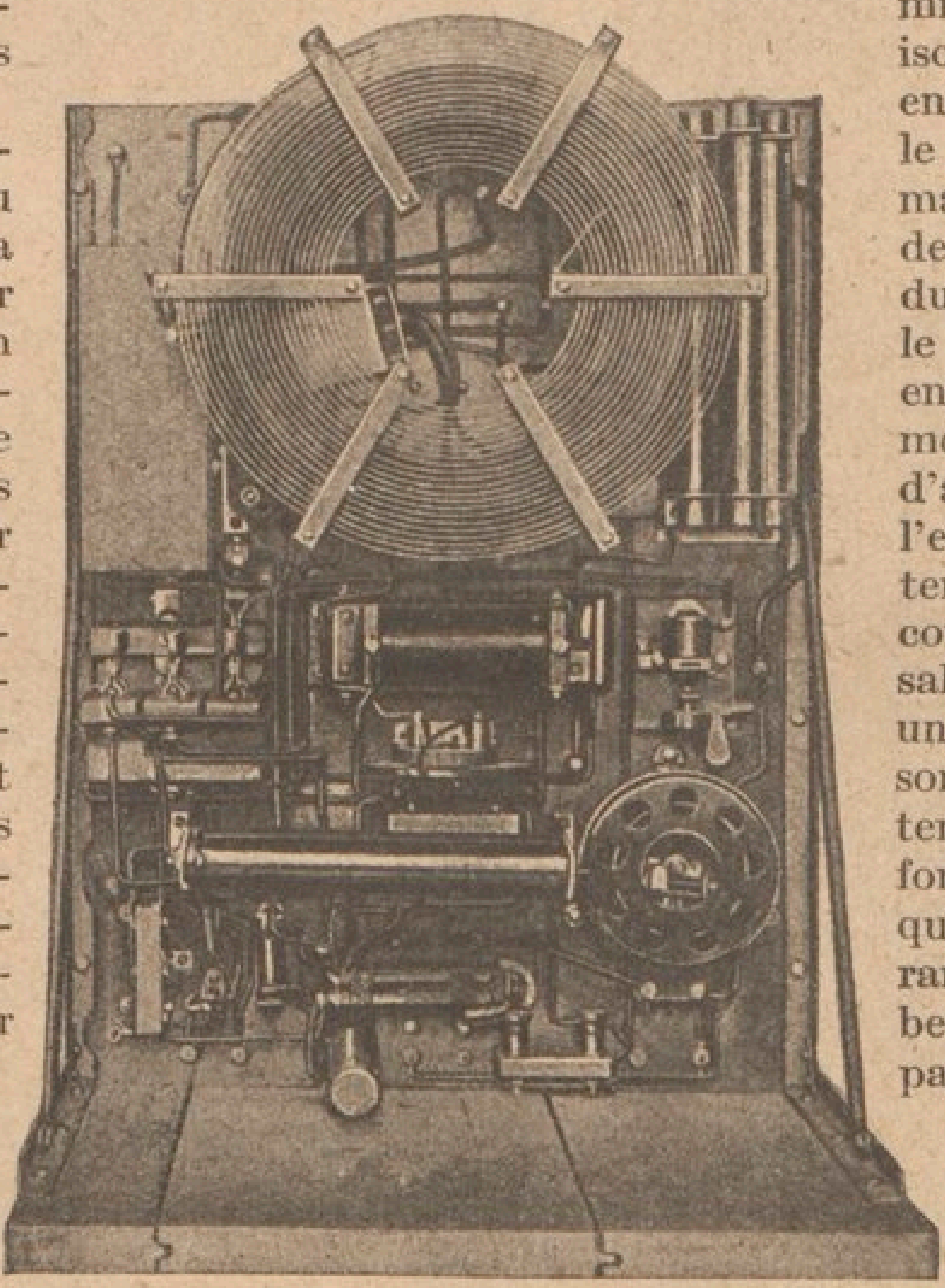


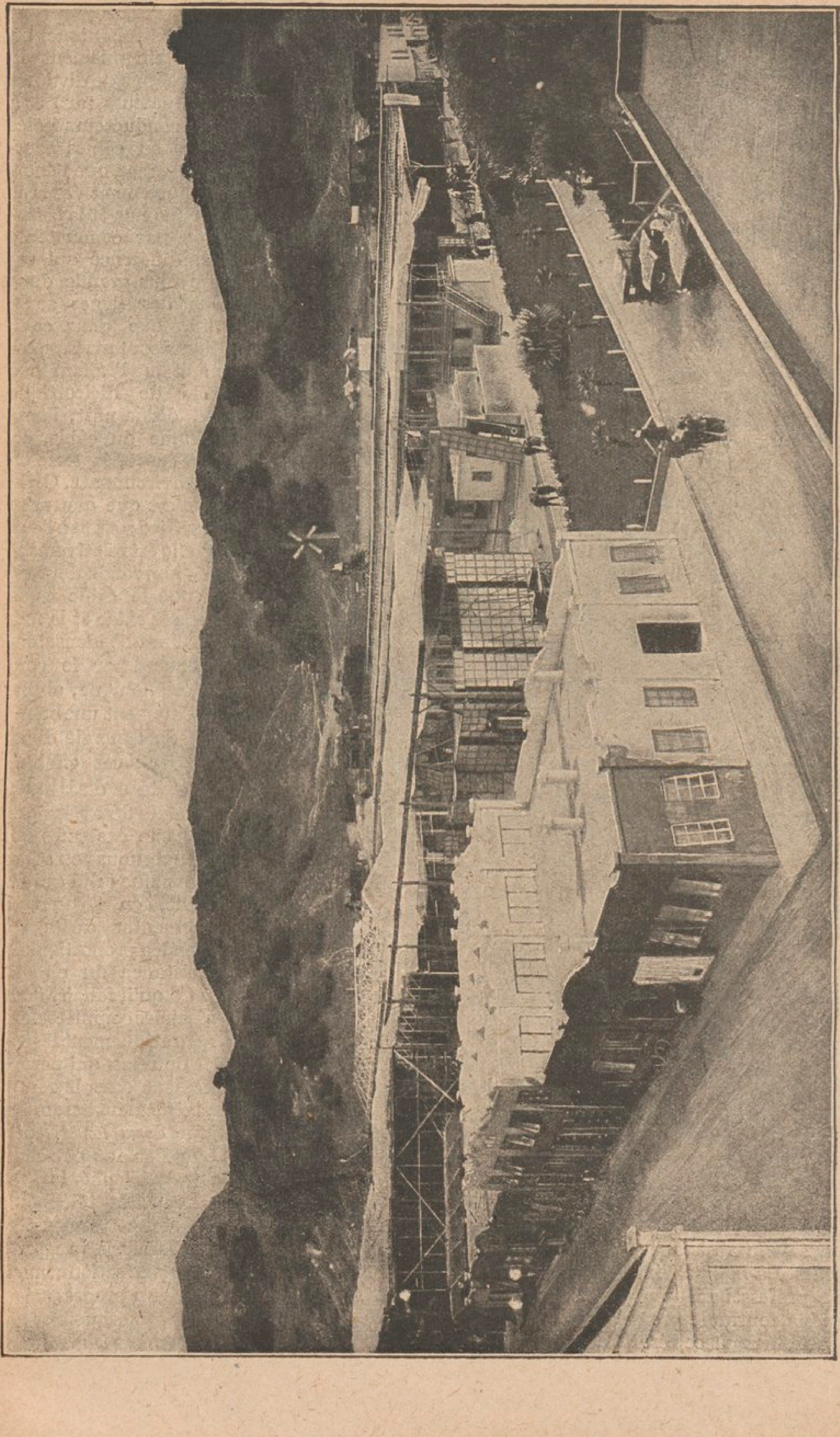
FIG. 16. — POSTE TRANSMETTEUR RADIOTÉLÉPHONIQUE ET RADIOTÉLÉGRAPHIQUE D'UN KILOWATT DE PUISSANCE

Nous voyons ici la face postérieure du tableau, avec la self d'antenne, le tikker, les différentes connexions ; sur l'autre face sont montés deux oscillons, les manettes de réglage et les appareils de mesure.

Ce qu'il fallait, pour résoudre complètement et pratiquement le problème, c'était découvrir un relais qui permît d'amplifier considérablement dans le récepteur les variations extrêmement amorties du courant téléphonique dans les circuits de grande longueur. L'audion fut ce relais.

Quelqu'un a dit : « Si la téléphonie sans fil avait été inventée avant la téléphonie avec fils, la découverte de cette dernière fût apparue comme un immense progrès. » Il faut reconnaître que le perfectionnement de la téléphonie sans fil est un progrès scientifique dont l'homme peut s'enorgueillir.

CYRIL BERTHOMIER.



LA CONSTRUCTION D'UN QUARTIER PROVISOIRE D'« UNIVERSAL CITY », LA VILLE AMÉRICAINE DU CINÉMATOGRAPHE

"UNIVERSAL CITY",
LA VILLE PROTÉIFORME AMÉRICAINE DU CINÉMATOGRAPHE

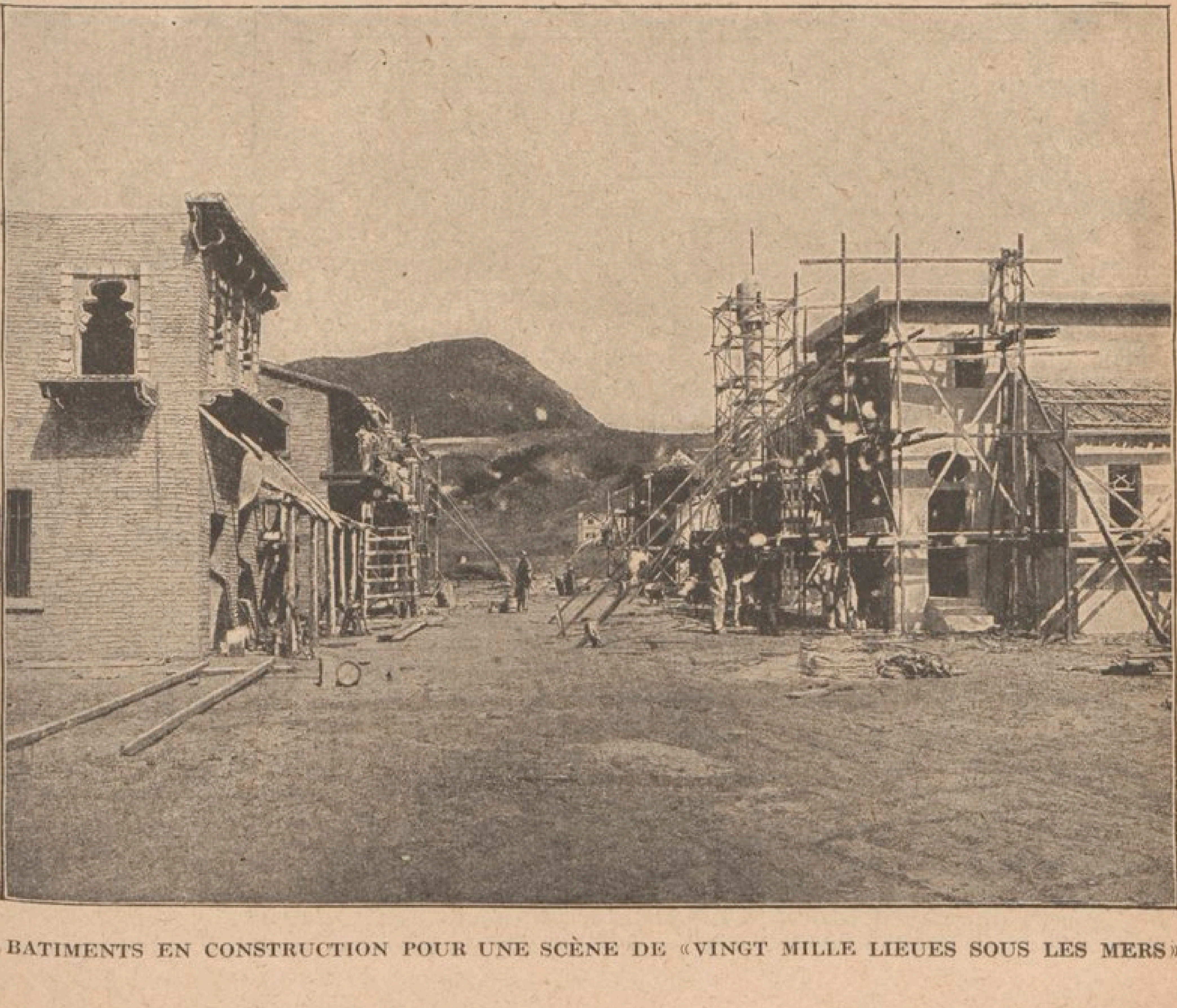
Par André LESCARBOURA

Dans la vallée de San Fernando, au sud de la Californie (Etats-Unis), tout près de la ville ensoleillée de Los Angeles, existe une agglomération bizarre, certainement unique au monde, connue sous le nom de *Universal City*. Comme Protée, Universal City peut changer de forme et d'aspect au gré de ses habitants, eux-mêmes essentiellement transformables.

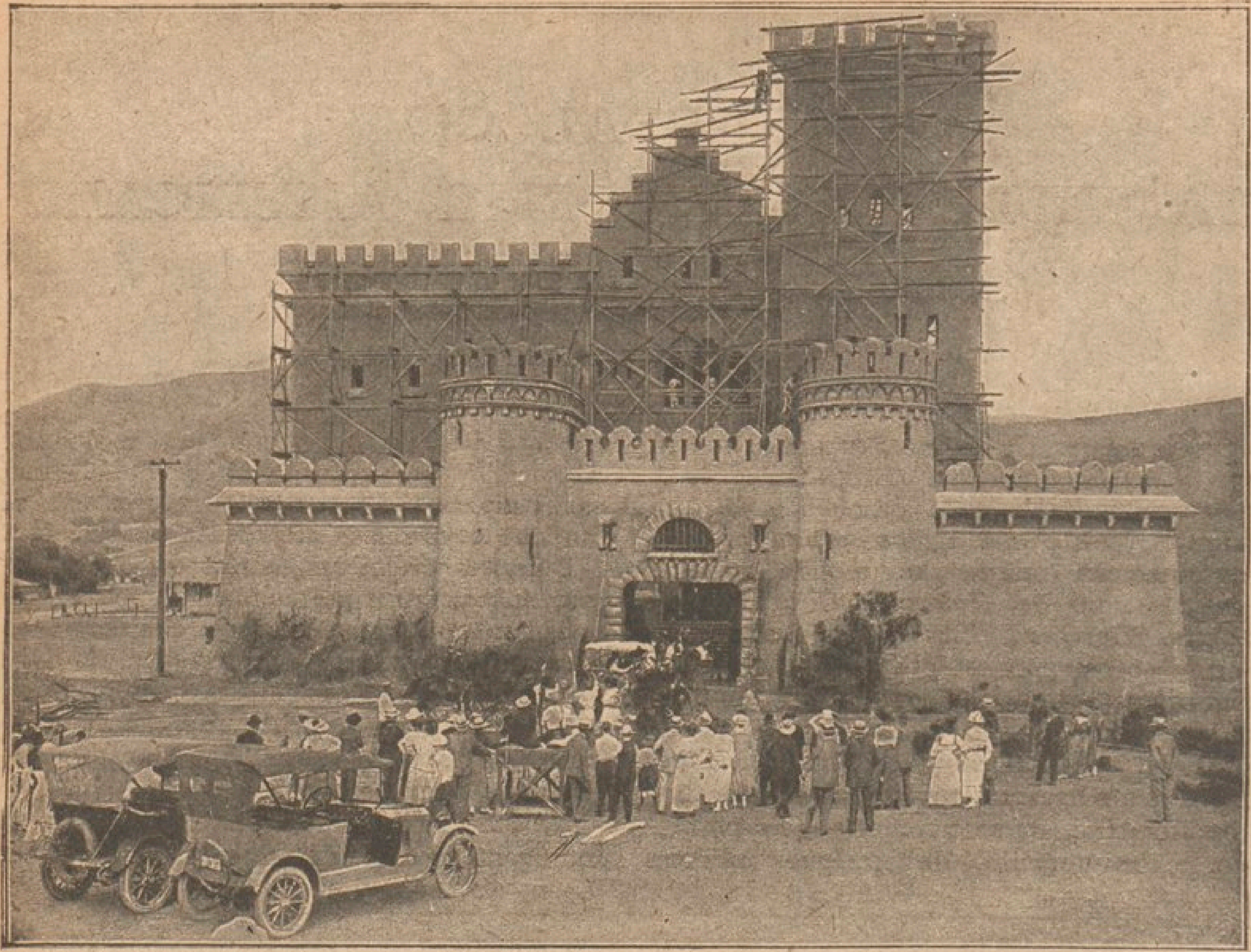
Universal City n'a de rivale sous aucune latitude, ce dont elle n'est pas peu fière. Deux cents hectares environ de terrain sont son domaine, et sa population, mi-permanente, mi-nomade, de quelques milliers d'habitants, ne comprend pas moins de deux mille acteurs et actrices de cinéma, car Universal City est le creuset où se fondent les drames et les comédies de l'écran.

Dans les premières années du cinématographe, quelques palmiers artificiels, quelques tentures, deux ou trois chameaux en carton-pâte, quelques figurants drapés dans des burnous plus ou moins authentiques, représentaient ou devaient, pensait l'impresario, suffire à représenter la halte d'une caravane dans l'oasis du désert.

Le spectateur était alors enthousiaste et indulgent, mais les détracteurs, et ils étaient



BATIMENTS EN CONSTRUCTION POUR UNE SCÈNE DE «VINGT MILLE LIEUES SOUS LES MERS»



CHATEAU MAURESQUE ÉRIGÉ EN QUELQUES HEURES POUR UNE PRISE DE FILM

nombreux, le rendirent exigeant par la critique justement sévère de quelques interprétations réellement trop grossières. Et, sous peine de discréditer complètement une forme de spectacle dont les débuts permettaient les plus beaux espoirs, sous la pression également d'une concurrence qui, dès l'origine, se montra acharnée, les entrepreneurs de spectacles cinématographiques se virent dans la nécessité de soigner davantage leurs mises en scène et leurs décors. Ils devinrent alors des virtuoses du camouflage, puis la soif du réalisme les étreignit et ils n'hésitèrent pas, pour trouver le cadre spécial et la figuration indigène propres à compléter l'illusion du vrai, à organiser de coûteuses expéditions lointaines. C'était passer d'un extrême à l'autre et se soumettre à une dure obligation.

Or, pour se procurer directement le réalisme au lieu de l'aller trouver à grands frais, ce qu'il fallait réaliser, c'était la quintessence du camouflage, le supercamouflage, autrement dit *Universal City*. Qu'il s'agisse de refléter un peu de la vie gouailleuse de Montmartre ou, au contraire, la mysticité d'un cloître espagnol, de représenter les canaux et les palais de Venise ou les bazars turcs, les scènes religieuses de La Mecque ou de Lourdes, la jungle africaine ou la plage à la mode, une ville, un village ou un camp, Universal City, la ville polymorphe, est prête, la nuit comme le jour, à changer de physionomie avec la rapidité d'un Frégoli, car elle les renferme « *all in one* », comme disent les Américains.

On conçoit que, pour la fondation de cette cité multiforme, le choix d'un site convenable constituait la pierre de touche de l'édifice qu'il s'agissait de bâtir. Ce n'est pas en tous lieux que concourent les conditions propres à reproduire, évidemment sur une échelle minuscule, la flore, la configuration, le climat même des contrées du monde les plus diverses, et à permettre de cinématographier en toutes saisons à la lumière du jour. Après des recherches sans nombre, les promoteurs du projet firent choix d'un petit territoire qui contient tout à la fois des collines boisées et non boisées, une vallée profonde, des terrains sablonneux convenant particulièrement aux scènes de désert et une plaine de grande étendue. La rivière de Los

Angeles traverse ce domaine de la cinématographie américaine et permet de « tourner » toutes sortes de scènes et acrobaties aquatiques, lesquelles, d'ailleurs, ont parfois pour théâtre plusieurs lacs artificiels.

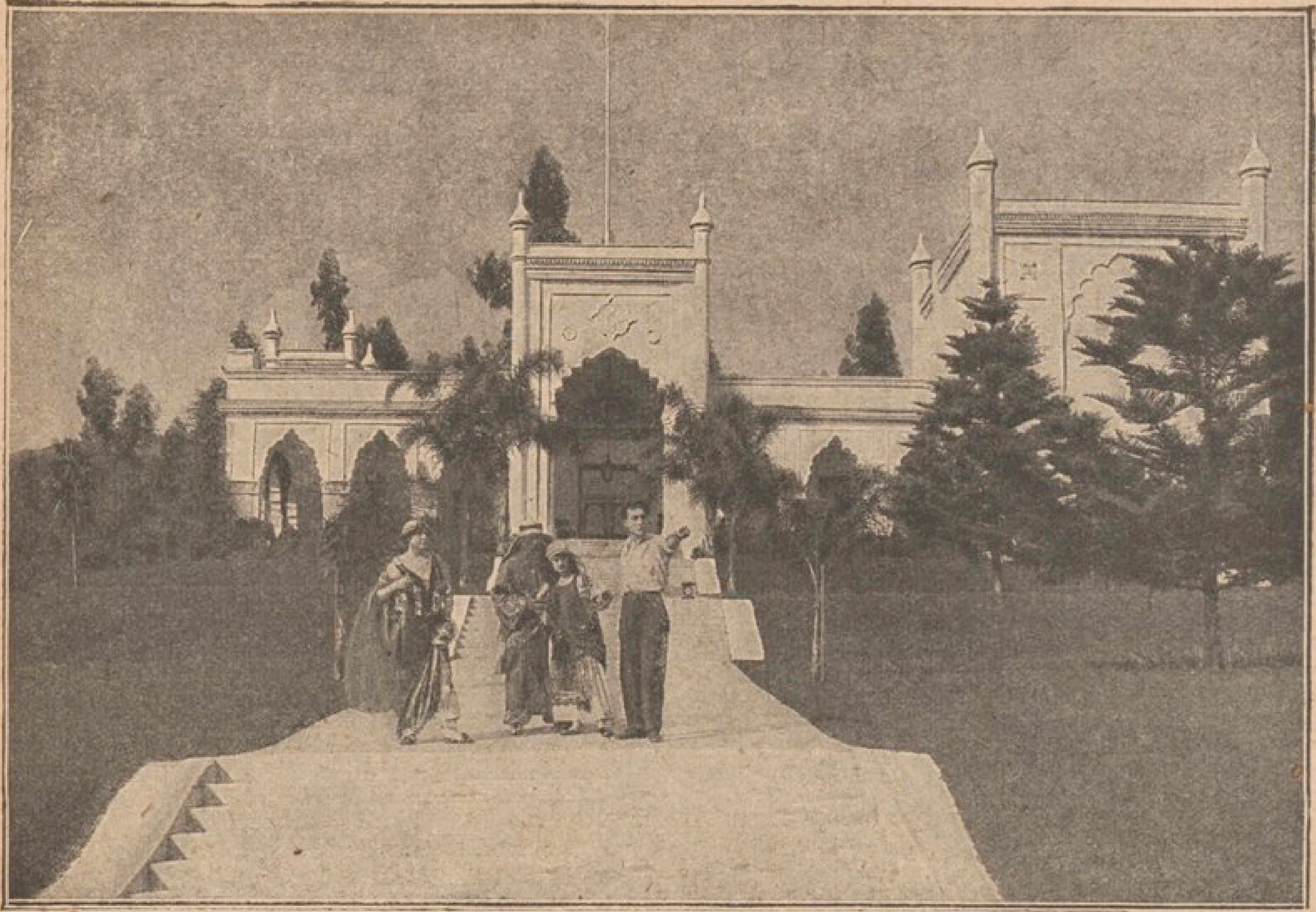
Universal City est divisée en deux parties principales : un terrain de grande superficie représentant un « ranch » américain, c'est-à-dire une étendue de terre de pâturage et d'élevage avec, de-ci, de-là, une ferme en bois, comme le sont toutes les fermes des Etats-Unis. Le ranch artificiel sert à monter et à « tourner » toutes les pièces supposées avoir pour cadre l'immense Ouest américain, c'est-à-dire toutes celles qui exigent de l'espace inculte, des paysages heurtés et arides, comme les scènes où sont appelés à jouer des Indiens.

La seconde partie constitue la section civilisée : celle qui renferme les bâtiments susceptibles de donner l'illusion d'une ville, et dont, pour cette raison, à côté de constructions démontables, un certain nombre sont des édifices permanents, érigés très solidement en ciment armé.

La caractéristique la plus intéressante de ces bâtiments est qu'ils sont tous, en eux-mêmes, multiformes. Chacun de leurs côtés constitue, en effet, la façade d'une maison ou d'un édifice particulier, de sorte qu'un seul bâtiment représentera, suivant qu'on l'examinera tour à tour sous ses quatre côtés, par exemple, l'atelier et l'habitation d'un forgeron, un hôtel, un chalet, un palais ou une caserne. Cela n'empêche pas que chacune de ces façades peut être transformée en quelques heures pour représenter tout autre chose : une église, une banque, un théâtre ou un château fort.

Les fonds ou arrière-plans font la richesse de Universal City. C'est ainsi que, vus sous un angle particulier, ils présentent un certain aspect qui, sous un autre angle, est entièrement différent. Ceci permet aux impresarios de trouver, sans déplacements appréciables, une infinité de sites très divers. Des ponts, construits de manière à pouvoir prendre l'apparence tantôt d'un pont japonais, d'un pont de pierre romain, d'un pont de fer, en un mot de toute espèce de ponts qu'une scène particulière peut exiger, sont jetés sur tous les ruisseaux et

UNE MINE DE HOUILLE SURGIE DU SOL EN UN JOUR ET QUI DISPARAITRA EN UNE HEURE



PALAIS EN IMITATION DE MARBRE POUR LE GRAND FILM « SOUS LE CROISSANT »

RUE D'UNE VILLE TURQUE ET FIGURATION POUR UNE SCÈNE DE LA MÊME PIÈCE

les ravins. Quelques-uns de ces ponts, habilement truqués, sont monumentaux.

Le principal boulevard de Universal City mesure près de dix kilomètres de longueur.

Universal City est dotée d'une scène de plein air entièrement construite en charpentes d'acier et béton armé ; ses dimensions sont énormes ; elle couvre un espace de près de cinquante mètres sur cent. Le béton du «plateau» a quinze centimètres d'épaisseur. En arrière de la scène sont les chambres d'habillage, les bureaux, les lavabos et bains-douches. Toutes les chambres sont desservies par une distribution d'eau chaude et froide, sont éclairées à l'électricité et présentent le confort le plus moderne. Trois fosses de quatre mètres environ de profondeur sont destinées à certaines scènes aquatiques ou de sous-sol ; par ces dernières, il faut entendre, par exemple, le cas d'un acteur descendant un escalier qui doit se prolonger au-dessous du niveau de la scène. Ces fosses ont de trois mètres cinquante à sept mètres de diamètre ; leurs plancher et parois sont également en béton armé. La scène possède deux magasins de décors et accessoires de très vastes dimensions.

L'avant-scène, ou mieux le plateau proprement dit, mesure environ deux cent dix mètres sur quatre-vingt-dix-huit mètres. Des rideaux et toiles, que l'on peut manœuvrer à volonté, sont disposés au-dessus, pour doser et diffuser la lumière sur la scène, lumière qui est évidemment celle du jour, puisque la scène est en plein air, et par cela même, serait souvent beaucoup trop vive.

SCÈNE DE RUE ORGANISÉE POUR LE FILM « LES DEUX HOMMES DE SANDY BAR »

Dans la Californie du Sud, il ne pleut que quelques jours par an ; les rayons solaires y ont des propriétés actiniques extraordinaires ; le climat est enchanteur ; toutes ces conditions concourent à faire de ce point du globe un véritable Eden, et, par suite, le paradis du cinéma. A Universal City, on travaille tous les jours, ou presque, sous le ciel bleu, et l'on ignore les cages de verre où les entreprises moins fortunées doivent abriter leur personnel pour le soustraire aux intempéries. On ne recourt à l'éclairage artificiel, lampes à vapeur de mercure, que pour terminer, dans un atelier appelé « ca-

L'UN DES PLUS JOLIS TABLEAUX DE LA PIÈCE « THE PRICE OF A GOOD TIME

SCÈNE CHINOISE POUR LE FILM SENSATIONNEL « LE POULS DE LA VIE »

binet électrique », des films très urgents.

Le «gouvernement» de Universal City est logé dans un immeuble imposant qui, en dehors des bureaux, renferme une grande salle de réception, une banque, une vaste bibliothèque, et possède une tour d'observation du haut de laquelle le regard peut embrasser toute la ville et le ranch.

La cité possède un vaste atelier de menuiserie et de charpenterie, où sont fabriqués tous les accessoires. Le même bâtiment abrite un atelier de plomberie, d'électricité, des galeries de dessins, et, bien entendu, les ateliers de photographie nécessaires. Universal City est doté d'un restaurant, d'une pâtisserie et de deux cafés, dont un en plein air. On y trouve aussi une infirmerie admirablement située et pourvue d'une chambre d'opérations parfaitement outillée. Cette infirmerie n'a que trop souvent l'occasion de montrer son utilité, car les artistes de cinéma, pour satisfaire le besoin de réalisme du public, accomplissent tous les jours des exploits assez périlleux, susceptibles de mettre leur vie en danger, tout acrobates ou rompus aux sports qu'ils sont pour la plupart. L'infirmerie, d'ailleurs, participe au même titre que tous les autres bâtiments de Universal City aux besoins propres du cinématographe pour certaines scènes qui demandent à se dérouler dans le cadre d'un hôpital ou d'une ambulance.

On trouve encore un théâtre romain et un stade offrant 1.400 places assises. En avant et en arrière de ces bâtiments, le terrain a été transformé en pelouses au milieu desquelles un bain romain, une piscine et une fort jolie fontaine ont été installés.

La garde-robe des artistes de Universal City occupe à elle seule un vaste bâtiment rempli de costumes anciens et modernes portés dans les différents pays. Cette garde-robe est évaluée à plusieurs milliers de dollars et est complétée par des ateliers dans lesquels un personnel exercé de couturières, coupeurs, etc., confectionne, suivant les besoins et d'après les meilleurs dessins, des costumes de n'importe quelle époque, depuis la ceinture en feuilles de palmier des premiers âges du monde jusqu'aux toilettes raffinées du XX^{e} siècle. Vingt machines à coudre, actionnées électriquement, facilitent le tra-

SCÈNE DE RUE DANS UNE VILLE DES INDES POUR LA PIÈCE CINÉMATOGRAPHIQUE « LES CAMPBELL ARRIVENT » OU « VOILA LES CAMPBELL! »

VILLAGE CONSTRUIT POUR UNE PRISE CINÉMATOGRAPHIQUE ET DONT LES MAISONS SONT SOUTENUES EN ARRIÈRE PAR DES AMARRES

vail ; le repassage est effectué, également, au moyen de fers électriques. Une maîtresse habilleuse, assistée d'un personnel très expérimenté, veille à ce que tous les artistes soient vêtus convenablement et en parfaite harmonie avec les rôles qu'ils ont à remplir.

Le *ranch* reproduit fidèlement une section de cet Ouest encore rude, sauvage et mystérieux de l'Amérique. De vrais Indiens et des cow-boys de profession y vivent et y jouent. Il est également pourvu d'une large scène, de chambres d'habillage, magasins d'accessoires, etc., mais ce qui le distingue de la section « civilisée », c'est une magnifique ménagerie renfermant une vingtaine de chameaux, deux éléphants, plusieurs lions, phoques, tigres, léopards, serpents, ours, loups, chiens et singes. De ces derniers l'un est célèbre à Universal City, c'est *Joe*, un chimpanzé qui dort dans un lit de cuivre et se lave les dents après ses repas.

Le *ranch* comprend encore une immense arène où sont montées et « tournées » les scènes à grand spectacle. Cette arène renferme une série de petites cages dans lesquelles les acteurs peuvent se réfugier quand les hôtes de la ménagerie sont rendus à une liberté relative, mais parfaitement dangereuse. Universal City est également munie d'un arsenal abondamment pourvu d'une grande variété d'armes à feu et d'armes blanches, anciennes et modernes. Un grand haras abrite, ailleurs, environ cent cinquante chevaux.

Des villes, des villages, des châteaux sont érigés tout alentour de Universal City pour former les arrière-plans désirables. La plupart du temps, ces constructions ne sont que des façades convenablement étayées en arrière, mais qui, sur les clichés, donnent l'illusion d'édifices définitifs. Ces décors — ou *sets* —, comme les Américains les appellent, coûtent souvent plusieurs milliers de dollars, ce qui n'empêche pas de les jeter à bas quand ils n'ont plus de raison d'être.

Le réalisme est une chose coûteuse, qu'on aille le chercher sur place ou qu'on le constitue de toutes pièces. C'est cependant une nécessité, car, sans lui, le cinéma ne pourrait avoir atteint son développement actuel ni laisser espérer un avenir plus brillant encore.

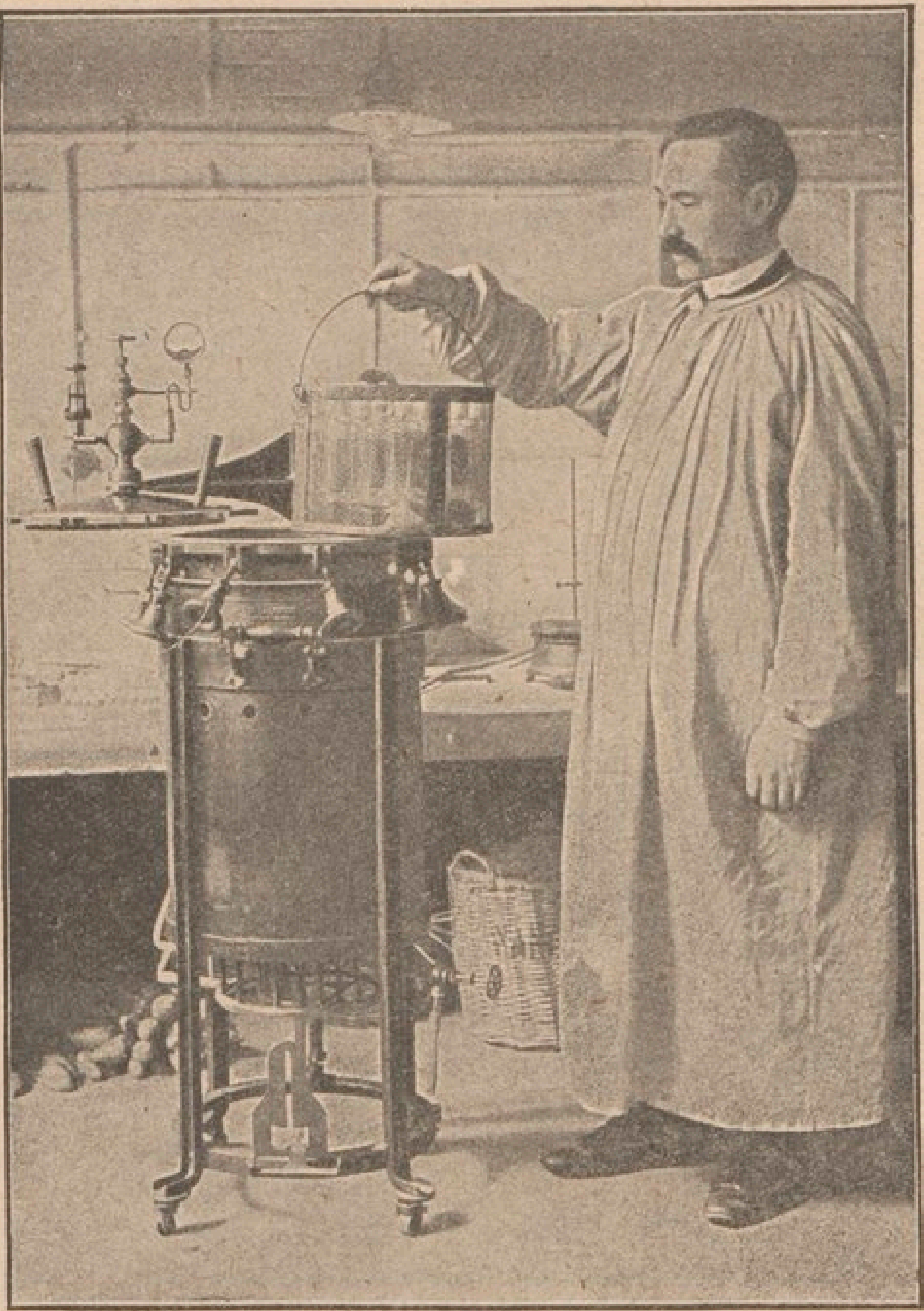
André Lescarboura.

LA CULTURE DES MOISISSURES MICROSCOPIQUES DES LIVRES ET GRAVURES

Par Ludovic JANESSON

Jusqu'à ces dernières années, nos connaissances sur les moisissures se bornaient à des données assez vagues. L'exiguité de ces organismes fongiques et surtout la difficulté de leur conservation rebutaient les mycologues. Et cependant, que de variétés dans la forme de ces infiniments petits, si intimement liés à notre vie domestique ! Que de richesses dans leurs délicates colorations ! Que d'exubérance dans leurs rameaux ténus, qui mesurent seulement quelques millièmes de millimètres de diamètre et parviennent, néanmoins, à tapisser, en très peu de temps, les murs de nos caves, la surface de nos aliments, les feuillets de nos livres ou la trame de nos habits !

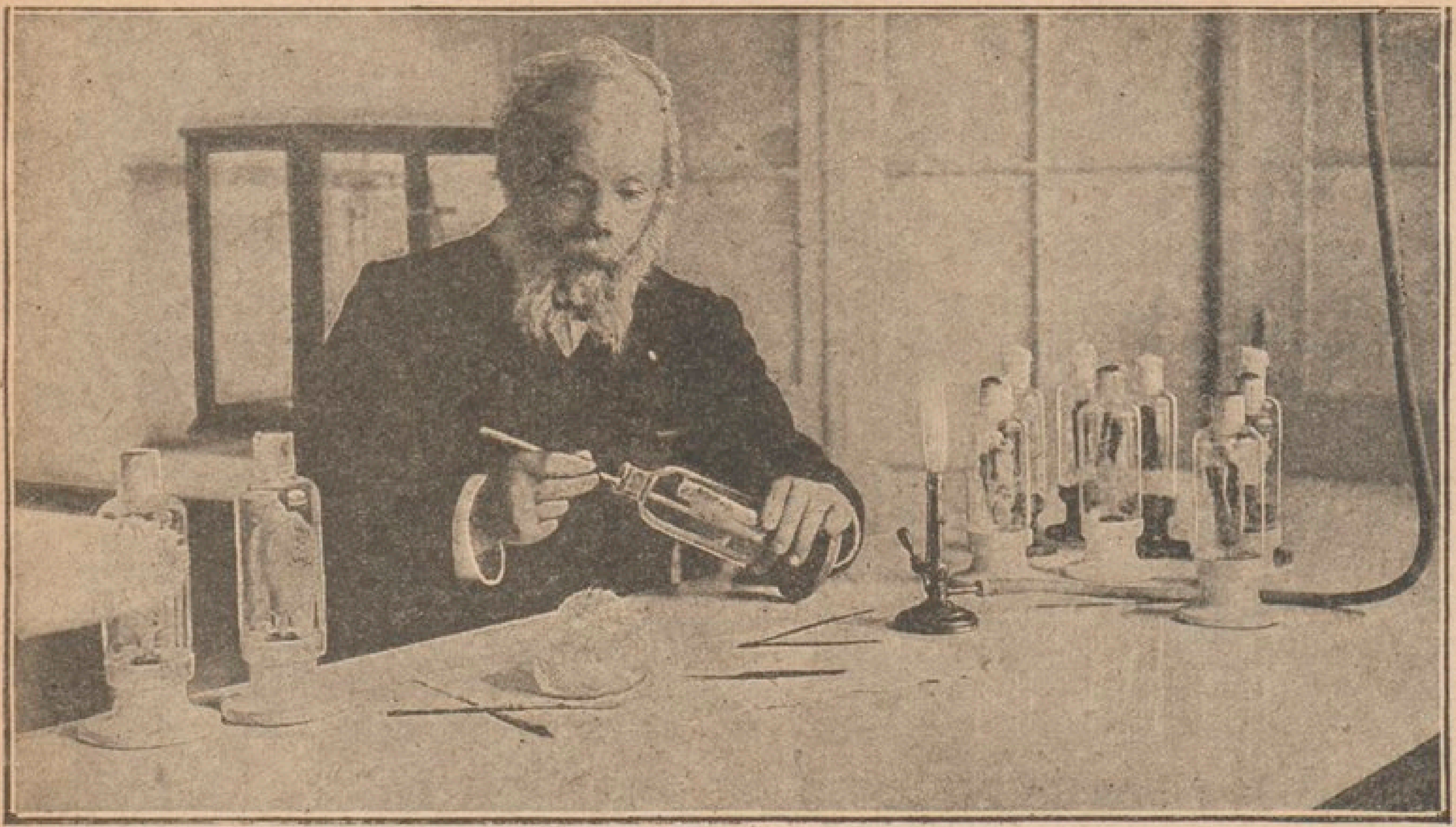
La cryptogamie microscopique n'entra dans une voie féconde que du jour où l'on appliqua à ces végétaux inférieurs les méthodes de culture imaginées par Pasteur pour étudier les bactéries. Les mycologues devinrent alors des « jardiniers » d'un genre spécial. Ils ne se contentèrent plus de la loupe et du microscope de leurs devanciers, ils délaissèrent quelque peu l'herbier du botaniste collectionneur pour de minuscules « serres » où ils purent conserver des types vivants susceptibles de servir constamment à de nouvelles expériences.



MISE DANS L'AUTOCLAVE DES FLACONS GARNIS DE RÉGLISSE

Avant l'ensemencement des moisissures, il faut porter les récipients garnis de réglisse dans une autoclave chauffée à 120°, pour tuer les spores parasites.

Si on obtient, en effet, dans le laboratoire quelques-unes de ces plantes, les excursions fournissent toujours les sujets les plus intéressants. Il faut visiter les feuilles mortes, les vieux arbres, les champignons en décomposition, les cadavres d'insectes, jusqu'aux... excréments de divers animaux, et, une fois de retour, on dépose tous les matériaux récoltés sur des assiettes recouvertes d'une cloche. Quelques jours plus tard, une forêt vierge en



ENSEMENCEMENT, DANS LES FLACONS, DE MOISISSURES DE VIEUX LIVRES

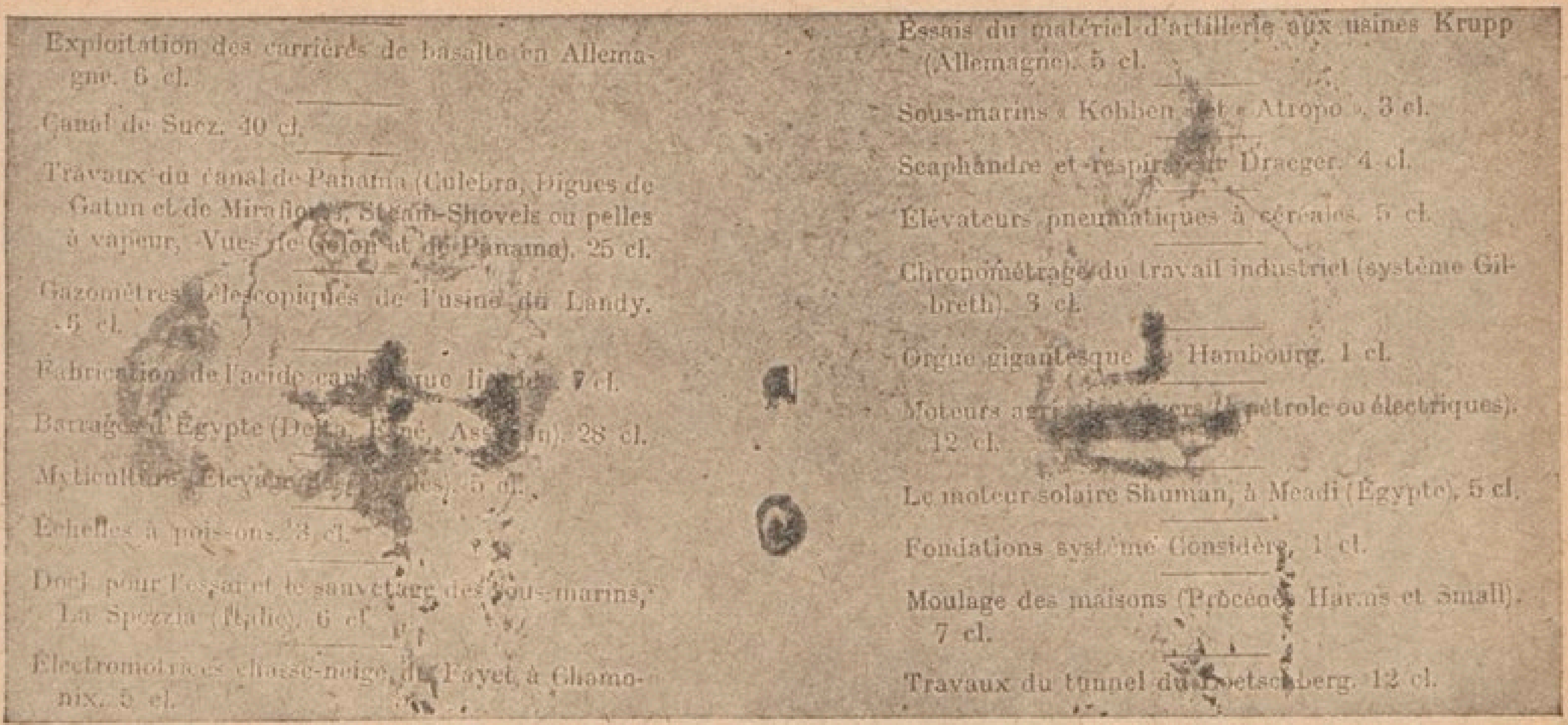
miniature a poussé. Puis, bientôt, cette première végétation s'épuisant, une multitude de formes très curieuses, parasites des premières ou vivant d'une façon indépendante, apparaissent.

A côté de ces détritus, on peut encore faire moisir du pain, des pommes de terre, des oranges, des pruneaux et mille autres substances sur lesquelles ne tardent pas à se développer des variétés nouvelles de *Mucor* ou d'*Aspergillus*, de *Rhizopus* ou de *Penicillium*. Malheureusement, ces Mucédinées s'enchevêtrant, elles se trouvent mélangées entre elles et leur existence est précaire. Pour étudier la structure, le développement et les métamorphoses successives de chacune d'elles, on doit les cultiver sur un milieu bien approprié et les purifier en les isolant.

Un savant français, le Dr Pierre Sée, a même pu « herboriser » récemment à travers les bibliothèques et démontrer par l'examen microscopique de nombreux *livres piqués*, ainsi que par des expériences de contrôle, que ces taches provenaient aussi de moisissures. Certaines de ces dernières secrètent un

ACTA
ERUDITORUM
ANNO MDCLXXXIII
publicata,
ac
SERENISSIMO FRATRUM PARI,
DN. JOHANNI
GEORGIO IV,
Electoratus Saxonici Hæredi,
&
DN. FRIDERICO
AUGUSTO,
Ducibus Saxoniæ &c.&c.&c.
PRINCIPIBUS JUVENTUTIS
dicata.
Cum S. Cæsureæ Majestatis & Potentissimi Electoris Saxoniæ Privilegiis.

FRONTISPICE D'UN JOURNAL SCIENTIFIQUE DU XVIIe SIÈCLE, AVEC DES TACHES DE MOISISSURES MORTES


Exploitation des carrières de basalte en Allemagne. 6 cl.

Canal de Suez. 40 cl.

Travaux du canal de Panama (Culebra, Digues de Gatun et de Mira[illegible], Steam-Shovels ou pelles à vapeur, Vues de [illegible] de Panama). 25 cl.

Gazomètres [illegible]lescopiques de l'usine du Landy. 5 cl.

Fabrication de l'acide [illegible] 7 cl.

Barrages d'Égypte (De[illegible], As[illegible]). 28 cl.

Myticult[illegible] Élevage [illegible]es). 5 cl.

Échelles à poissons. 3 cl.

Dock pour l'essai et le sauvetage des sous-marins, La Spezzia (Italie). 6 cl.

Électromotrices chasse-neige du Fayet à Chamonix. 5 cl.

Essais du matériel d'artillerie aux usines Krupp (Allemagne). 5 cl.

Sous-marins « Kobben » et « Atropo ». 3 cl.

Scaphandre et respira[illegible] Draeger. 4 cl.

Élévateurs pneumatiques à céréales. 5 cl.

Chronométrage du travail industriel (système Gilbreth). 3 cl.

Orgue gigantesque [illegible] Hambourg. 1 cl.

Moteurs a[illegible] pétrole ou électriques). 12 cl.

Le moteur solaire Shuman, à Meadi (Égypte). 5 cl.

Fondations système Considère. 1 cl.

Moulage des maisons (Procédé Harms et Small). 7 cl.

Travaux du tunnel du [illegible]etschberg. 12 cl.

LIVRE IMPRIMÉ EN 1913 ET ABANDONNÉ PRÈS D'UN MUR HUMIDE

Il porte toute une série de taches dues à des « chœtomiums » parfaitement développés.

pigment dont la teinte caractérise l'espèce et qui se diffuse dans les fibres du papier.

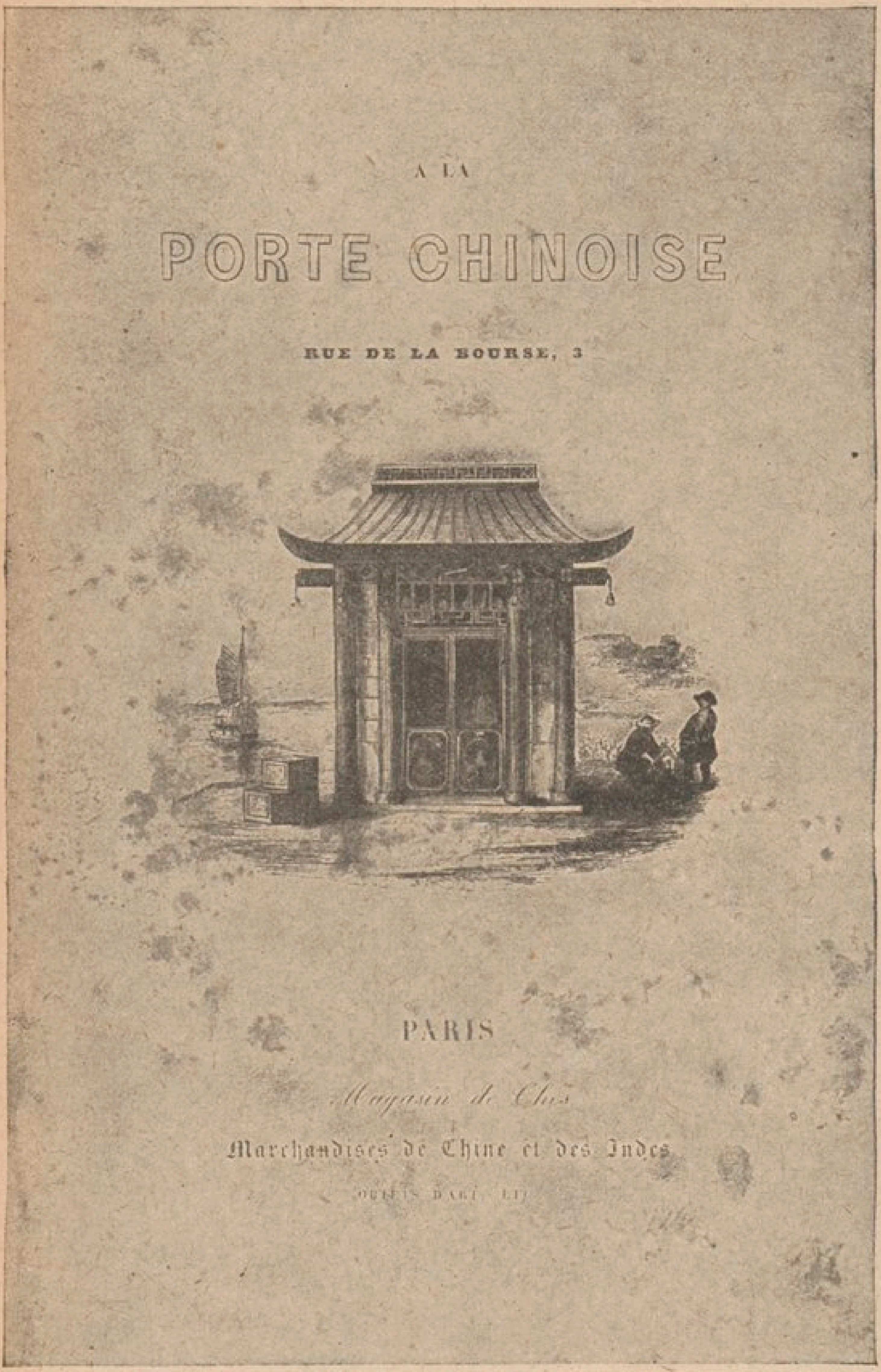
Voilà plus d'une trentaine d'années, un botaniste hongrois, Jules Schaarschmidt, s'était déjà proposé d'étudier la flore qu'on rencontre sur les bords ou dans les plis des *billets de banque* usagés, parmi les poussières et la crasse. Il grattait la surface des papiers-monnaie en ces endroits, à l'aide d'une aiguille ou d'un scalpel, et, transportant ensuite le dépôt ainsi obtenu dans une goutte d'eau pure déposée sur le porte-objet d'un puissant microscope, il y constata la présence d'une abondante végétation cryptogamique (*Schizomycètes, Saccharomycètes, Algues*, etc.) ainsi que plusieurs microbes mêlés à des débris d'amidon, des fibres de coton et des fragments de cheveux. Mais le sagace *privat docent* de l'Université de Kolasvar ne poussa pas plus loin ses investigations, cependant curieuses.

MOISISSURES ENSEMENCÉES SUR DES RACINES DE RÉGLISSE OFFICINALE ET MISES DANS DES FLACONS

« Syncephalestrum cinereum » formant une abondante chevelure.

« Aspergillus clavatus » six semaines après son ensemencement.

Le D[r] Sée ne se contente pas d'un coup d'œil aussi superficiel, il cherche la cause des altérations du papier. Or, en regardant de plus près, sous un fort grossissement, chaque tache d'un livre ancien ou d'un volume récent ayant séjourné dans une pièce humide, on voit qu'elle se compose de deux parties : un noyau central, assez foncé, en général, constitué par du mycélium et une zone périphérique aux contours plus ou moins arrondis, plus claire, colorée par les sécrétions du champignon



PROSPECTUS D'UNE ANCIENNE MAISON DE THÉ

On y distingue des taches rosées dues à des « Acrostalagmus », moisissures caractéristiques de certains papiers.

et visible d'ordinaire sur les deux faces du feuillet, à cause de la diffusion du pigment. D'ailleurs les moisissures s'observent à des stades de végétation très différents, selon les circonstances qu'elles rencontrent.

Voici, par exemple, un livre imprimé en 1913 et abandonné plusieurs mois près d'un mur humide. Si nous le feuilletons, nous observons en certains endroits une coloration jaune-verdâtre due à des *Chaetomium* parfaitement développés. Les taches de la page suivante se produisirent par contact avec la précédente, quand la brochure était fermée. Continuant notre excursion botanique en chambre, nous découvrirons sur certaines feuilles des taches roses dues à des *Fusarium*, tandis que les points qui les parsèment représentent des *Alternaria* réduites à une forme de conservation enkystée.

D'autres espèces de moisissures livresques, telles les *Stachybotrys*, donnent des spores qui se révèlent sous forme de poussière noire quand on dilacère le papier. Du reste, les germes ne proviennent pas d'une infection tardive, mais préexistent dans la paille, les fibres d'alfa et autres matériaux de fabrication, car en regardant soit à la lumière directe, soit par transparence, des papiers récemment manufacturés, on aperçoit des taches de différentes formes dont on peut parfois apprécier le relief au toucher. Quand on les trouve sur d'anciens ouvrages datant de plusieurs siècles, comme sur le frontispice des *Acta Eruditorum* (page 434), les champignons inférieurs sont morts et desséchés ; on ne peut alors les différencier par simple examen que si on a affaire aux *Chaetomium* ou aux *Acrostalagmus*, qui produisent une tache caractéristique parfaitement identifiable.

Mais si on herborise sur des volumes plus récents, on peut y découvrir des éléments mycéliens encore vivants et capables de se développer dans des « terrains » convenables. Aussi M. Sée a cultivé systématiquement des *Myceliums* recueillis tantôt sur des papiers tachés spontanément, tantôt sur des échantillons de pâtes ou de papiers fabriqués récemment. Il doit prélever ses « graines » le plus aseptiquement possible, sous peine de voir se développer dans ses « champs » minuscules des « mauvaises herbes » : *Penicillium*,

Glaucum, *Mucor mucedo*, *Phycomices*, *Rhyzopus reflexus* et autres moisissures vulgaires. Il utilise pour ses « cultures » des milieux variés : carottes ou pommes de terre, réglisse, gélose, papier ou bois mis dans des tubes de Borel, des boîtes de Petri et autres petites « serres » de verre. Le plus souvent, il s'adresse aux racines de réglisse dépouillées préalablement de leur écorce subéreuse avec un canif. De la sorte, on découvre l'aubier jaune, dont les tissus renferment la glycyrrhizine, matière sucrée très favorable au développement mucédinique. Avant l'ensemencement, il porte les récipients garnis de réglisse dans une autoclave qu'il chauffe à 120° pendant une heure, afin de tuer les spores parasites.

Les flacons, une fois refroidis, attendent les « semailles » auxquelles il procède de la façon suivante : tenant le flacon de la main gauche, il le débouche un instant en l'inclinant, puis il dépose prestement sur la réglisse une faible quantité de spores à l'extrémité d'un fil de platine, emmanché dans un bâton de verre et préalablement passé dans la flamme d'un bec Bunsen, afin de détruire les germes étrangers. Il rebouche immédiatement le flacon qu'il reporte ensuite dans une étuve-armoire où il entretient une douce température. La plante se développe. Sous l'œil de son vigilant cultivateur, le *mycelium* s'étend, et, au bout de cinq à six semaines, il peut l'identifier. Tantôt ses bâtons de réglisse s'ornent d'un joli feutrage ocré d'*Acrostalagmus cinnebarinus*, tantôt il voit naître dans ses boîtes de Petri divers *Alternaria* au pigment noirâtre, de superbes *Myxotrichum chartarum* ou des *Fusarium* qui secrètent une substance colorante rouge cerise devenant à la longue lie de vin ; tantôt, dans ses tubes de Borel, se ramifient des *Chaetomium* vert pomme, etc...

Mais si le mycelium appartient quelquefois à plusieurs moisissures pigmentées ou non, souvent les taches des livres se rapportent à une seule espèce. Enfin, malgré la diversité du matériel de fabrication et des conditions expérimentales, M. Sée parvint seulement à isoler une vingtaine d'espèces de champignons inférieurs, qui constituent donc bien une florule particulière du papier.

LUDOVIC JANESSON.

REPRODUCTION D'UNE ESTAMPE AMÉRICAINE

En haut et à gauche, on remarque une tache d'eau parsemée de points d'« Alternaria », moisissure sécrétant un pigment noirâtre.

ÉLECTRO-AIMANT ENLEVANT LES TOURNURES D'ACIER D'UN ATELIER DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES

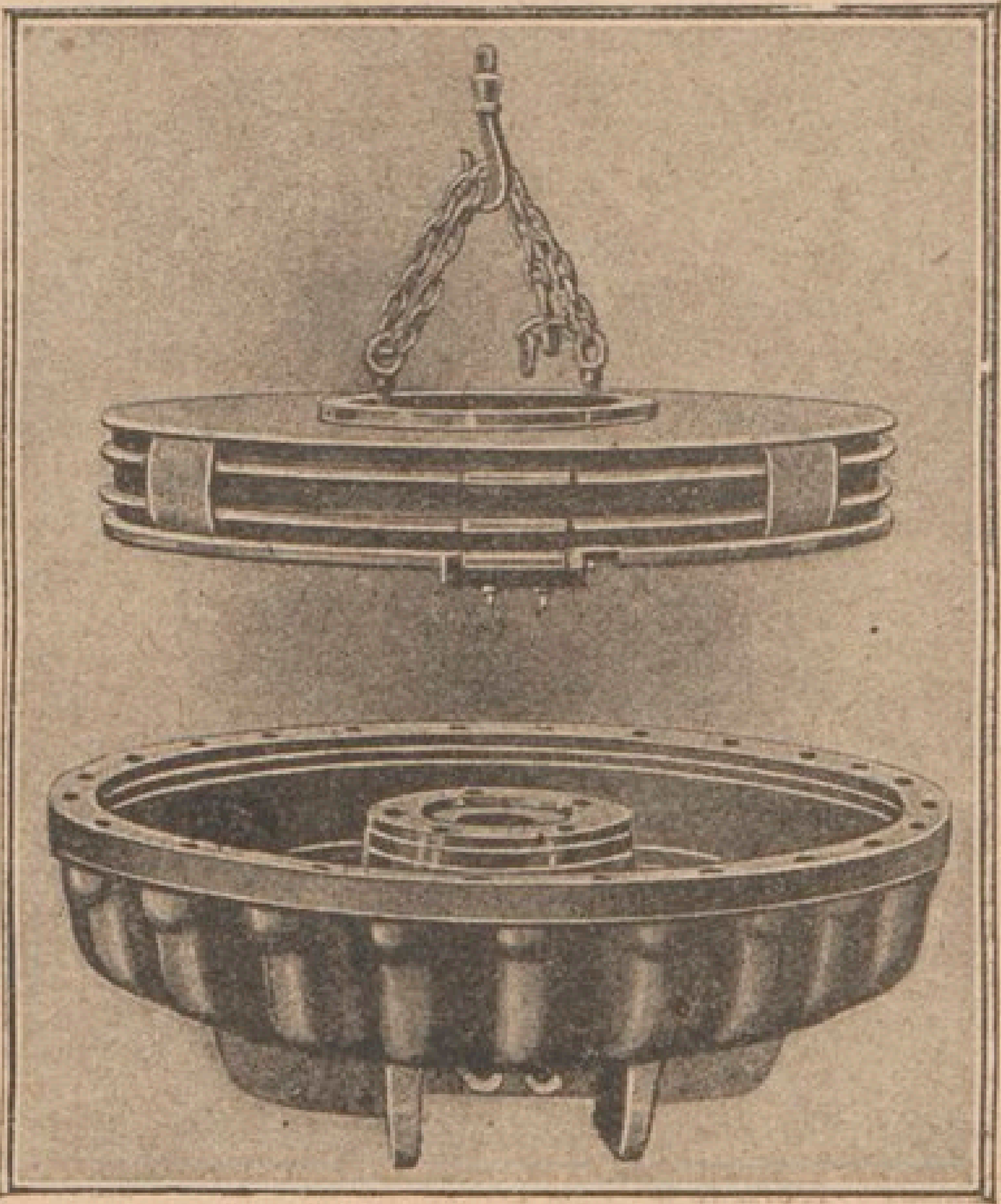
Grâce à l'adhérence des copeaux métalliques entre eux, on peut enlever d'un seul coup une quantité considérable de tournure d'acier pour la charger sur des wagons de service qui la transporteront au parc à déchets. On réalise ainsi une économie de main-d'œuvre considérable et une grande rapidité de manœuvre.

L'ÉLECTRO-AIMANT EMPLOYÉ COMME APPAREIL DE LEVAGE

Par Constantin REBOUL

SIMPLIFIER et même supprimer les opérations de transport des matériaux dans les usines et dans les entrepôts, tel est le mot d'ordre que les chefs d'entreprises donnent impérativement à tous leurs collaborateurs, afin de diminuer les frais généraux et de parer à l'insuffisance de main-d'œuvre qui se fait actuellement sentir dans le monde entier.

En effet, tout travail effectué sur une masse métallique par un four métallurgique ou par une machine-outil débute et se termine par un changement de position plus ou moins important de cette portion de matière qui peut atteindre un poids considérable. De même, dans les magasins de fonte, de fers profilés, de machineries, etc., l'arrivée et le départ des marchandises donnent lieu à des opérations de levage et de transport qui coûtent fort cher. Les frais de manutention constituent un des chapitres les plus chargés dans le budget d'un marchand de fers bruts ou ouvrés ainsi que dans les dépenses d'exploitation des usines de production et de transformation des fers, aciers et autres métaux.



CARCASSE D'ÉLECTRO-AIMANT DÉMONTÉE

La bobine a été retirée pour permettre la visite de la carcasse à nervures dont on a démonté la plaque de fermeture en acier au manganèse, ordinairement retenue par une nombreuse série de boulons.

Combien souvent voit-on une foule assemblée devant la porte d'une usine pour considérer curieusement les efforts d'une nombreuse équipe d'ouvriers, occupée à charger sur un fardier quelque lourde pièce mécanique : volant, cylindre, chaudière, bâti, etc.

Ces manœuvres, généralement très lentes, coûtent fort cher et exposent le personnel à des accidents fréquemment très graves.

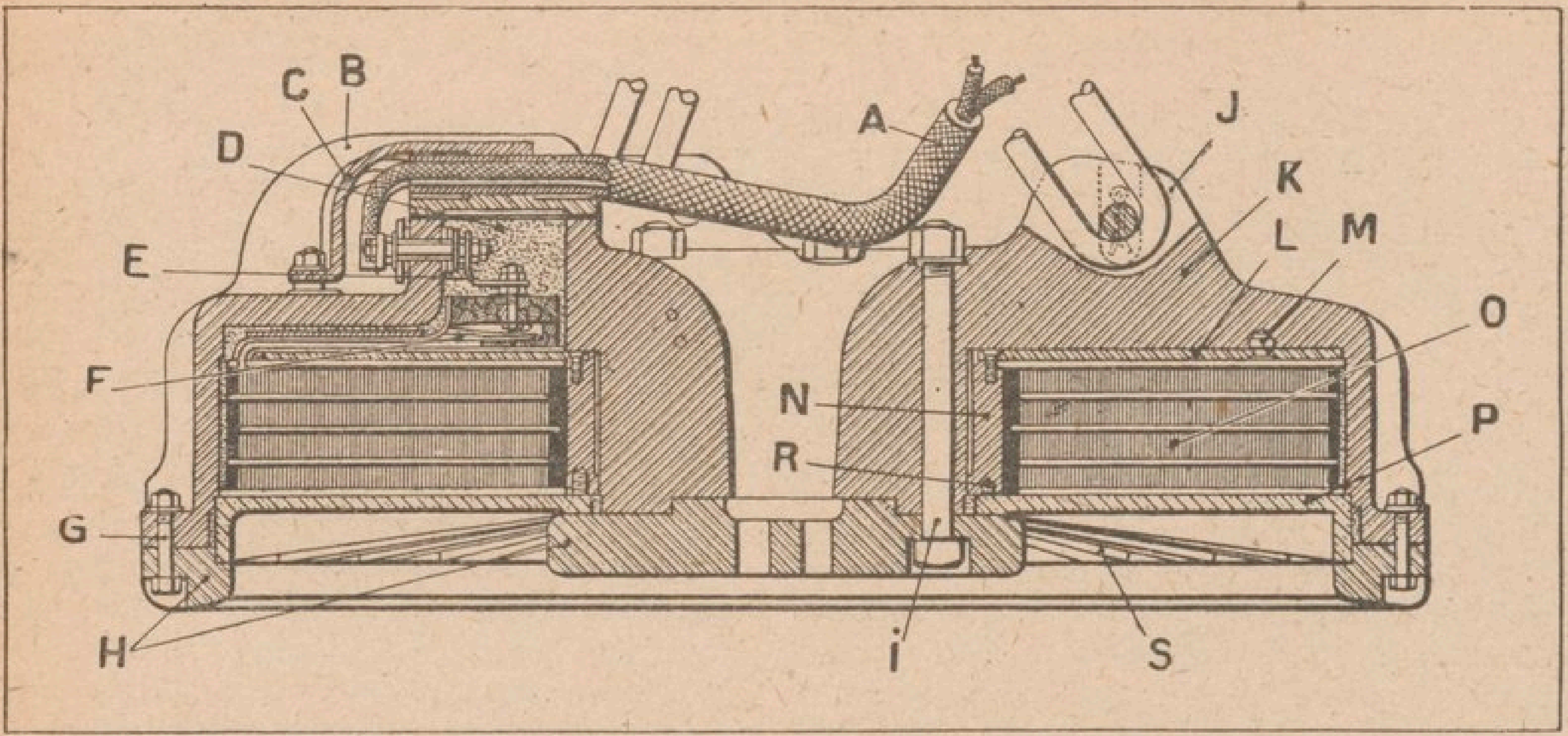
Jusqu'ici, les appareils de manutention mécanique tels que les grues et les ponts transbordeurs, n'avaient fourni qu'une solution incomplète de cet important problème d'économie industrielle et commerciale.

En effet, il est relativement rare qu'un objet métallique se présente sous le crochet d'une grue dans les conditions voulues pour pouvoir être saisi directement. On est alors obligé de recourir à des chaînes ou à des cordages dont la mise en place demande beaucoup de temps et d'efforts. On perd ainsi une grande partie des avantages que pourrait procurer l'emploi de moyens mécaniques de manutention, sans compter que les ruptures d'élingues constituent un grand danger pour le personnel chargé des opérations de levage.

On peut donc dire que l'introduction dans les usines et sur les chantiers d'un dispositif permettant de soulever d'importantes masses métalliques sans recourir à des chaînes et à des cordages, devait provoquer une véritable révolution dans l'emploi des appareils de manutention de nos usines.

L'électricité, qui a déjà accompli tant de merveilleux changements dans la technique de nos ateliers a encore fourni, dans ce cas, le moyen de réaliser un moyen de levage sans rival, à la fois puissant et économique.

Quel est l'enfant qui ne s'est pas amusé



COUPE SCHÉMATIQUE D'UN ÉLECTRO-AIMANT DE LEVAGE

A, *câble armé protégeant les fils conducteurs du courant;* B, *nervures venues de fonte avec la carcasse;* C, *couvercle d'acier de la boîte à bornes;* D, *cavité remplie d'une susbtance isolante et hydrofuge;* E, *bornes;* F, *fils réunissant les bornes à la bobine;* G, *boulons fixant la pièce polaire extérieure à la carcasse;* H, *pièces polaires extérieures et intérieures;* I, *boulons reliant la pièce polaire intérieure à la carcasse;* J, *oreille servant à réaliser une suspension en trois points;* K, *carcasse en acier électrique spécial;* L, *plaque supérieure de la bobine;* M, *ergot servant à empêcher la bobine de tourner dans la carcasse;* N, *noyau de la bobine;* O, *enroulement de la bobine formé de bandes de cuivre isolées au mica et à l'asbeste;* P, *bouclier d'acier au manganèse;* R, *trous taraudés dans le noyau d'induit;* S, *nervures consolidant la face inférieure du bouclier de la bobine afin d'empêcher toute flexion de cette pièce métallique*

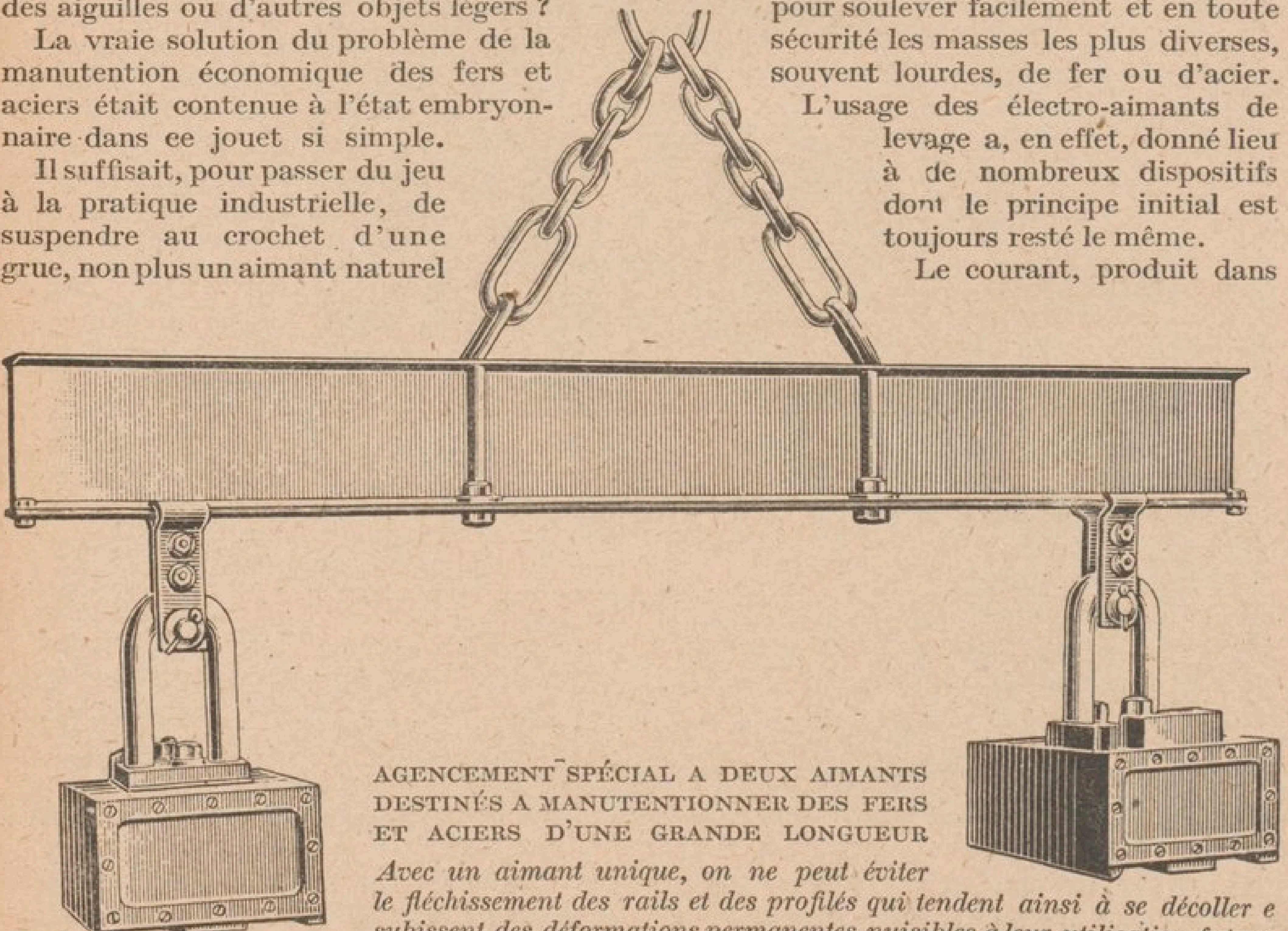
à soulever au moyen d'un petit aimant permanent en forme de fer à cheval, des clous, des aiguilles ou d'autres objets légers ?

La vraie solution du problème de la manutention économique des fers et aciers était contenue à l'état embryonnaire dans ce jouet si simple.

Il suffisait, pour passer du jeu à la pratique industrielle, de suspendre au crochet d'une grue, non plus un aimant naturel permanent en fer à cheval, mais un électro-aimant artificiel présentant la forme voulue pour soulever facilement et en toute sécurité les masses les plus diverses, souvent lourdes, de fer ou d'acier.

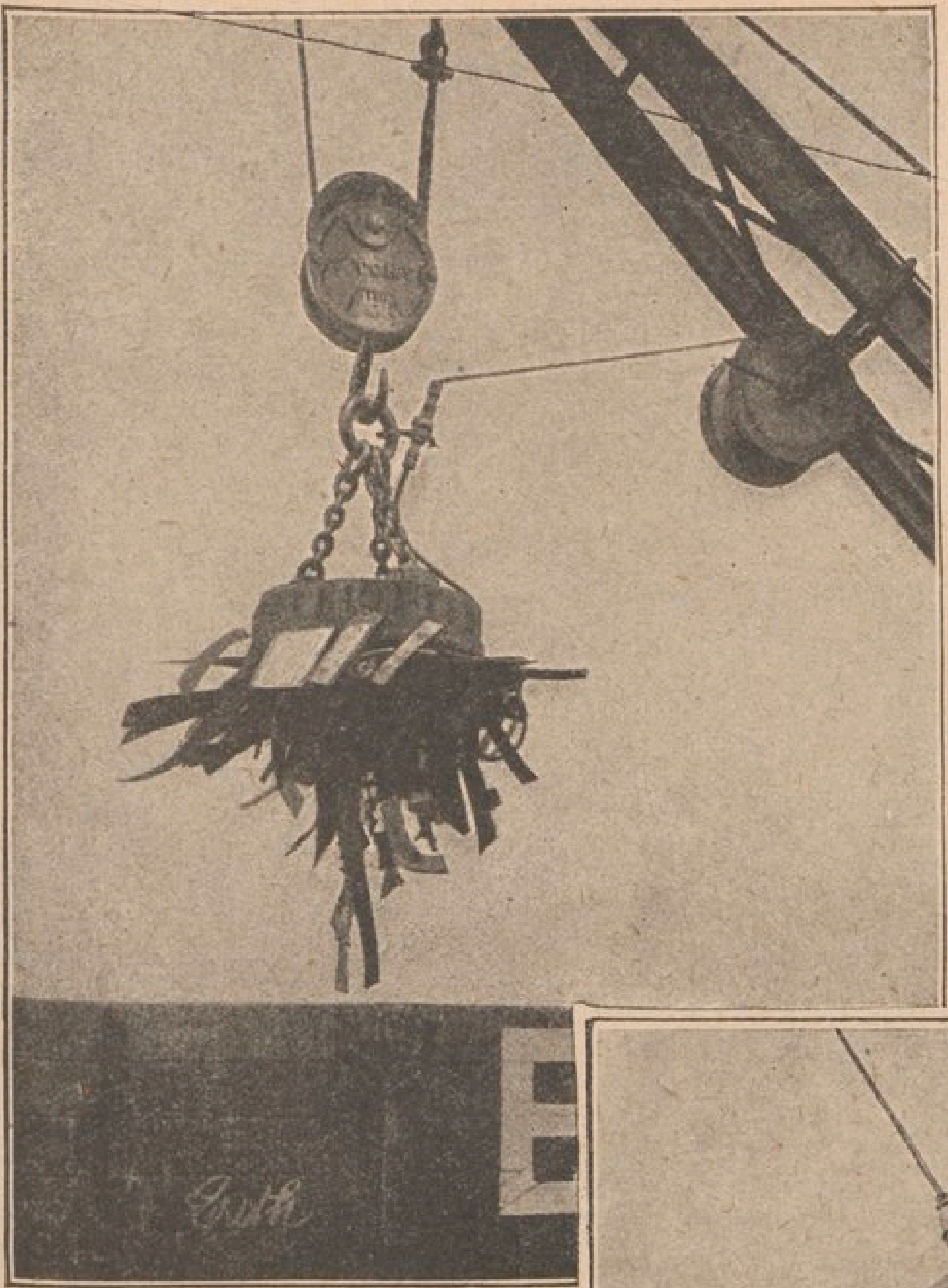
L'usage des électro-aimants de levage a, en effet, donné lieu à de nombreux dispositifs dont le principe initial est toujours resté le même.

Le courant, produit dans



AGENCEMENT SPÉCIAL A DEUX AIMANTS DESTINÉS A MANUTENTIONNER DES FERS ET ACIERS D'UNE GRANDE LONGUEUR

Avec un aimant unique, on ne peut éviter le fléchissement des rails et des profilés qui tendent ainsi à se décoller e subissent des déformations permanentes nuisibles à leur utilisation future.



CHARGEMENT D'UN WAGON AVEC UNE GRUE MAGNÉTIQUE

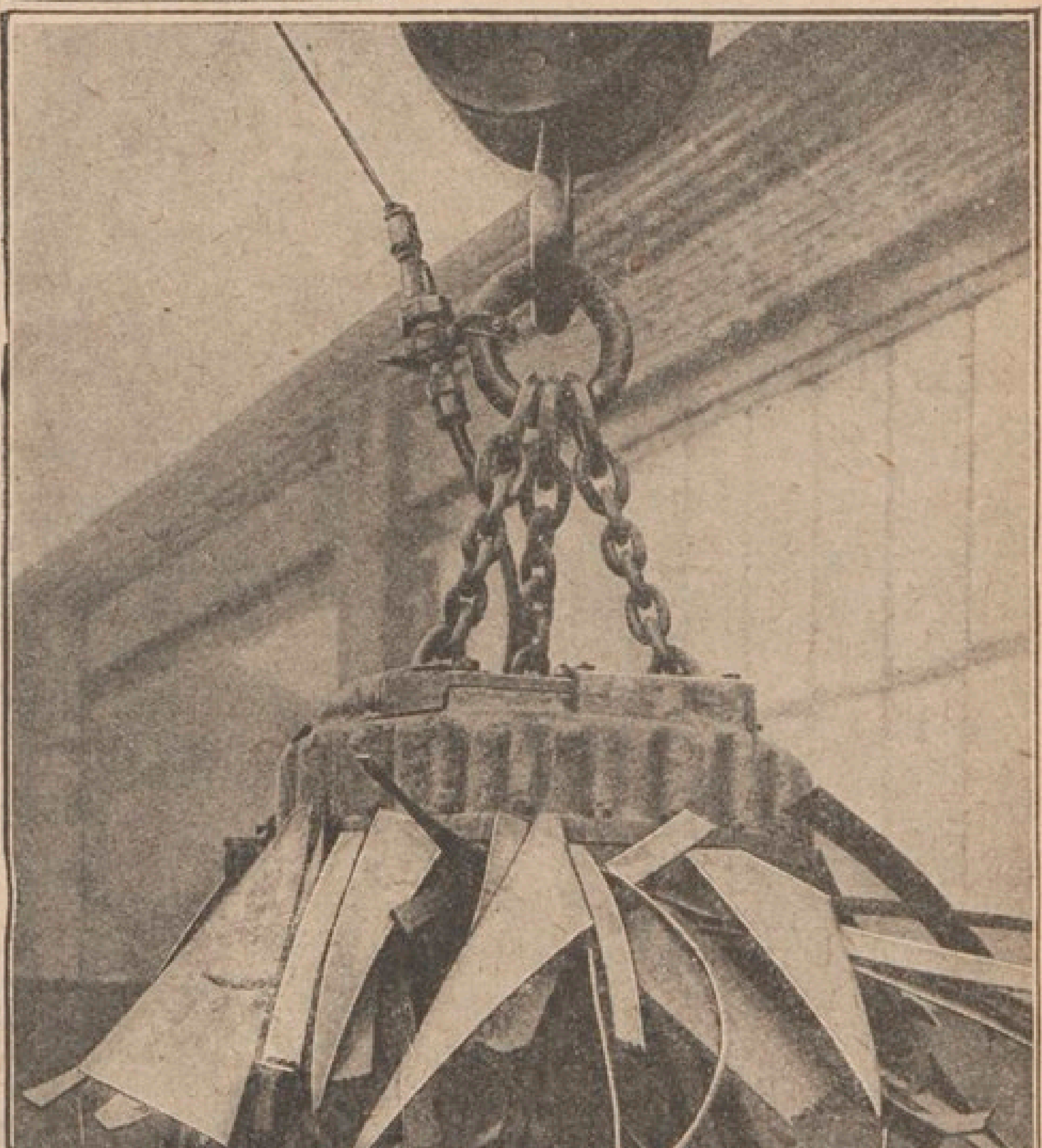
Depuis l'entrée en scène des électro-aimants de levage, les opérations de mise en wagon des ferrailles sont devenues extrêmement rapides et économiques, car le préposé à la grue peut travailler seul, sans le secours d'aucun manœuvre auxiliaire.

La commande a lieu d'un endroit quelconque — en général de la cabine de manœuvre du pont ou de la grue — au moyen d'un appareil contrôleur spécial souvent immergé dans l'huile et comportant des résistances de démarrage et de protection. On évite ainsi la détérioration des enroulements et des contacts car le contrôleur, analogue à celui des tramways, établit ou coupe graduellement le courant. Au moment de l'ouverture et de la fermeture du circuit, les bobines de l'électro-aimant sont shuntées par une résistance non inductrice absorbant immédiatement le courant de self-induction.

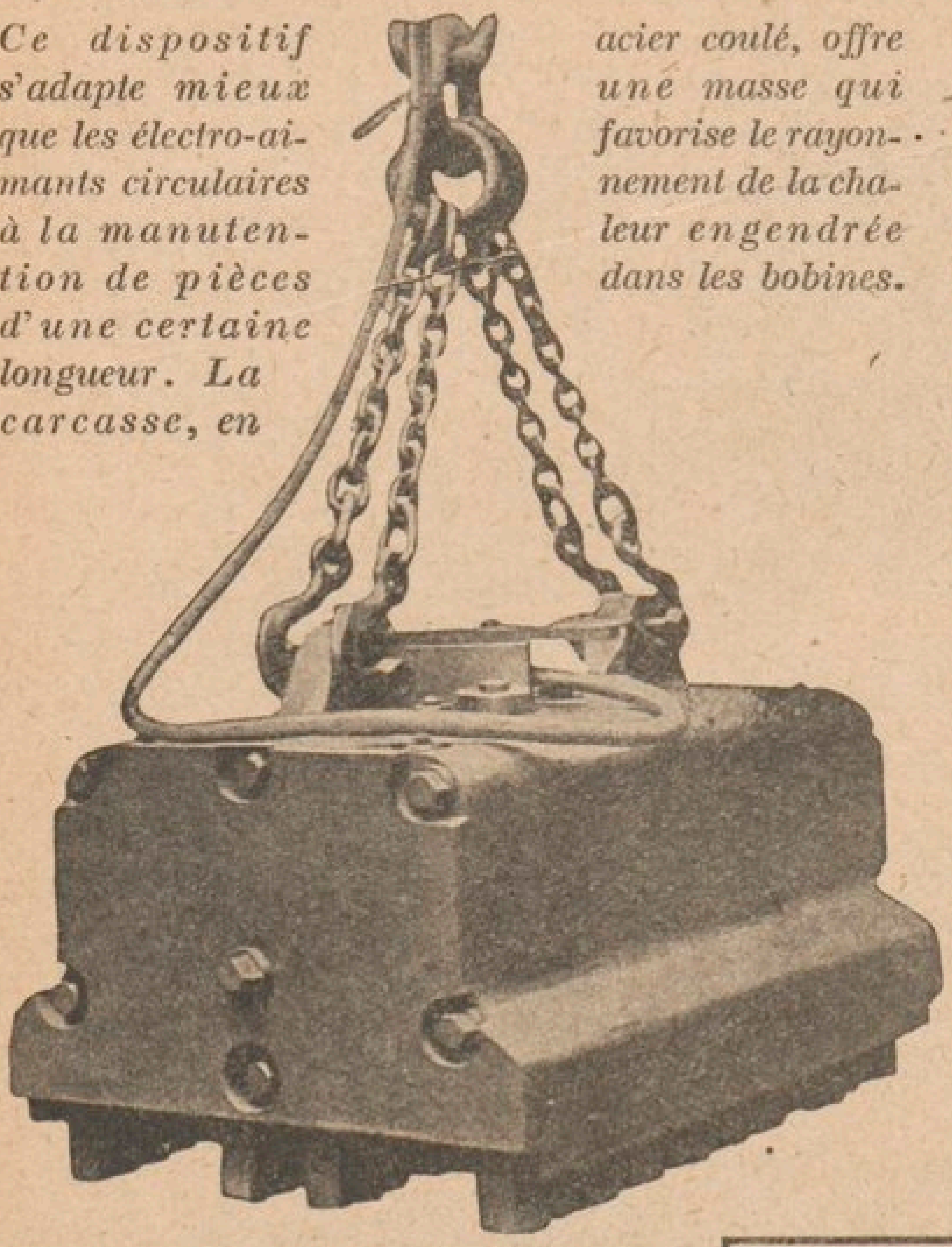
La carcasse et les pièces polaires, de forme circulaire ou rectangulaire, suivant les cas et les nécessités du service, sont en acier coulé, offrant une résis-

l'usine même, ou fourni par un réseau public de distribution d'énergie, est amené jusqu'à l'électro-aimant par un conducteur souple constitué par deux fils de cuivre que protège contre les chocs une forte enveloppe tressée isolante formant câble armé (Voir la figure page 440).

La carcasse est pourvue de trois oreilles ou bossages auxquels les chaînes de suspension sont fixées par l'intermédiaire de broches et de goupilles. Ces chaînes sont réunies sur un fort anneau auquel est attaché le crochet de l'appareil de levage.



ROGNURES DE TOLE SOULEVÉES PAR L'AIMANT



Ce dispositif s'adapte mieux que les électro-aimants circulaires à la manutention de pièces d'une certaine longueur. La carcasse, en acier coulé, offre une masse qui favorise le rayonnement de la chaleur engendrée dans les bobines.

ELECTRO-AIMANT FRANÇAIS DE FORME RECTANGULAIRE

tance aux chocs très élevée et une haute perméabilité magnétique. On emploie généralement, à cet effet, des aciers spéciaux obtenus au four électrique. Afin de favoriser le rayonnement de la chaleur produite dans les bobines de l'électro-aimant, la carcasse est pourvue de fortes nervures qui servent également à la renforcer et à absorber plus facilement la chaleur développée par l'échauffement qu'engendre le courant électrique.

Les pièces polaires, fixées à la carcasse par des boulons, peuvent ainsi être facilement remplacées en cas d'accident.

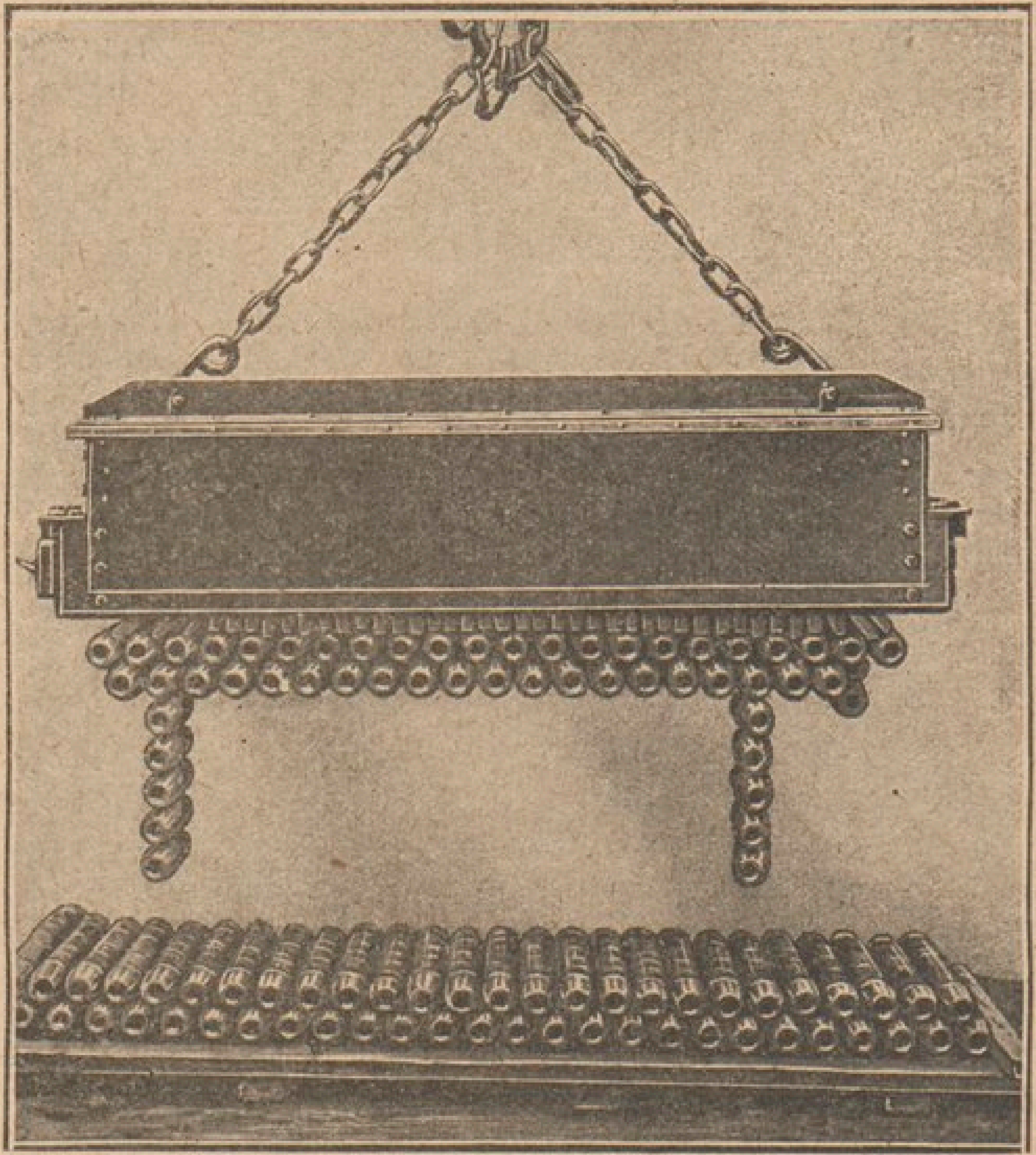
L'enroulement excitateur est formé de galettes séchées à l'étuve et soigneusement imprégnées d'une matière isolante. Ces galettes sont montées et serrées sur une carcasse d'acier qui fait partie du circuit magnétique et qui facilite le démontage. L'enroulement est protégé contre les chocs par un bouclier consistant en un disque épais d'alliage non magnétique renforcé par de fortes nervures extrêmement résistantes.

Les bornes, placées à la partie supérieure de la carcasse, de manière à être très accessibles, sont protégées efficacement et rendues hermétiques par un capot qui laisse passer le câble d'alimentation à deux conducteurs enveloppé dans une tresse métallique.

On provoque le décollement immédiat de la charge, quelles que soient sa nature, sa composition et son importance, en mettant le contrôleur dans une position spéciale qui permet d'envoyer dans l'électro-aimant un léger courant de sens inverse.

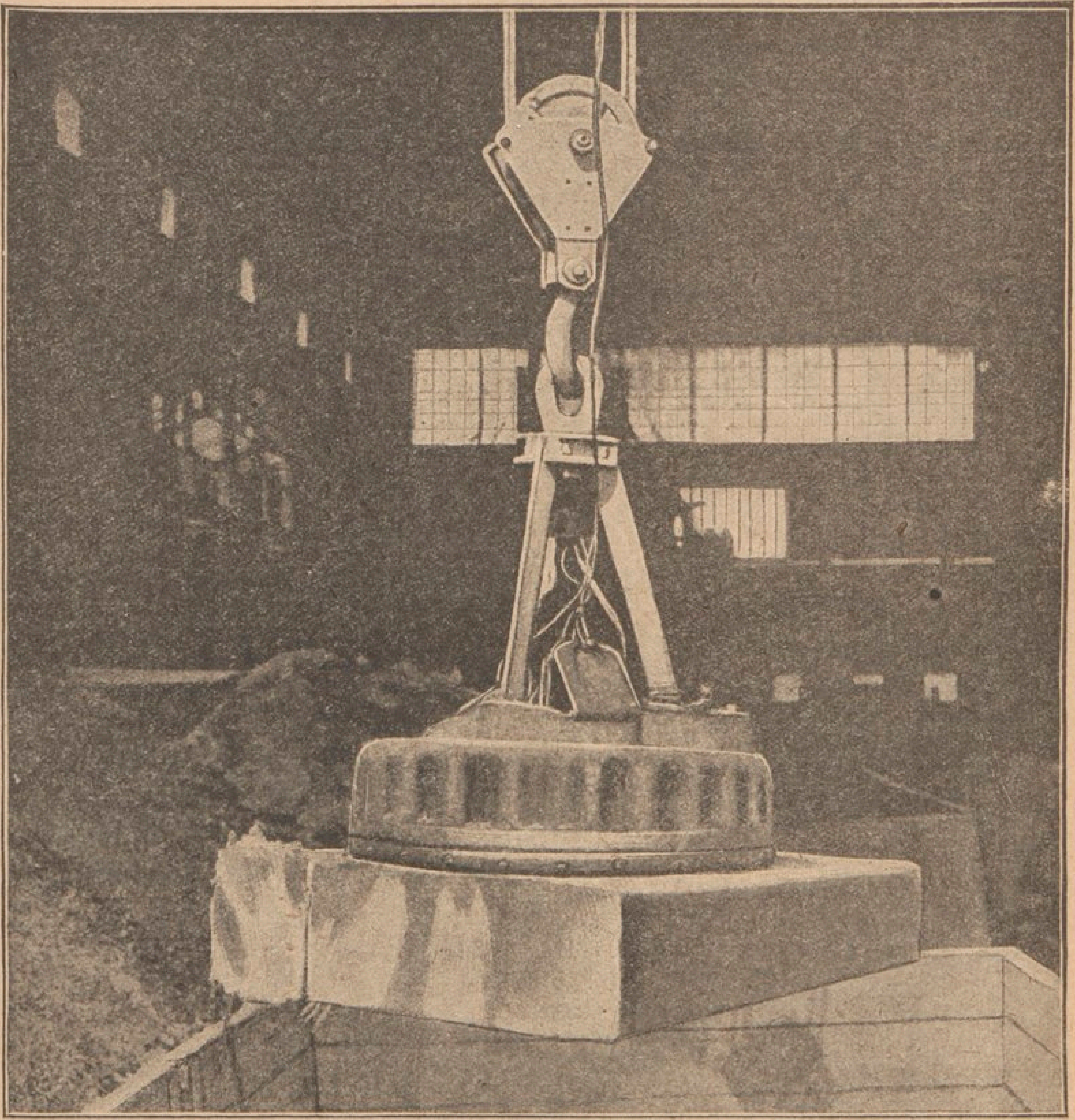
On suspend les électro-aimants au crochet des grues ou des ponts roulants et leur emploi n'empêche pas d'utiliser ces appareils pour d'autres usages ; il suffit, en effet, de décrocher les électro-aimants quand on ne veut pas s'en servir et de les déposer sur le sol. Grâce à l'étanchéité parfaite des carcasses, ils peuvent être abandonnés par tous les temps sans crainte d'avaries.

Pour soulever les matériaux de grande longueur, tels que les rails, les pièces de ponts



ÉBAUCHES D'OBUS ENLEVÉES PAR L'ÉLECTRO-AIMANT

Ce mode de levage s'adapte particulièrement bien à la manutention des ébauches d'obus et des projectiles finis qu'il est inutile de placer dans des wagonnets. On économise ainsi une grande partie des frais de main-d'œuvre tout en évitant de détériorer les pièces tournées, ce qui est très important pour les obus.



GRUE A ADHÉRENCE MAGNÉTIQUE FONCTIONNANT DANS UNE ACIÉRIE.

L'électro-aimant, qui a 91 centimètres de diamètre, permet de soulever d'un seul coup quatre lingots d'acier encore chauds, pesant environ mille kilos chacun. Cela supprime les chaînes d'amarrage et le personnel.

ou les fers à planchers, on accouple deux ou plusieurs électro-aimants à une même barre d'attelage, formée d'un fer à double *T*, suspendue en son milieu au crochet de l'appareil de levage. (Voir la figure page 440).

Les figures qui illustrent cet article permettent de se rendre compte des multiples usages auxquels s'adaptent les électro-aimants de levage. Parmi les établissements industriels dans lesquels leur emploi s'impose particulièrement, on peut citer les ports, les gares, les parcs à ferraille et à obus, les entrepôts sidérurgiques et les ateliers de construction pour la manutention rapide et économique de tous les matériaux magnétiques tels que : gueuses de fonte, riblons d'acier, tournures et copeaux de tours, barres rondes, profilés, rails, tôles, grosses pièces de fonderie, etc.

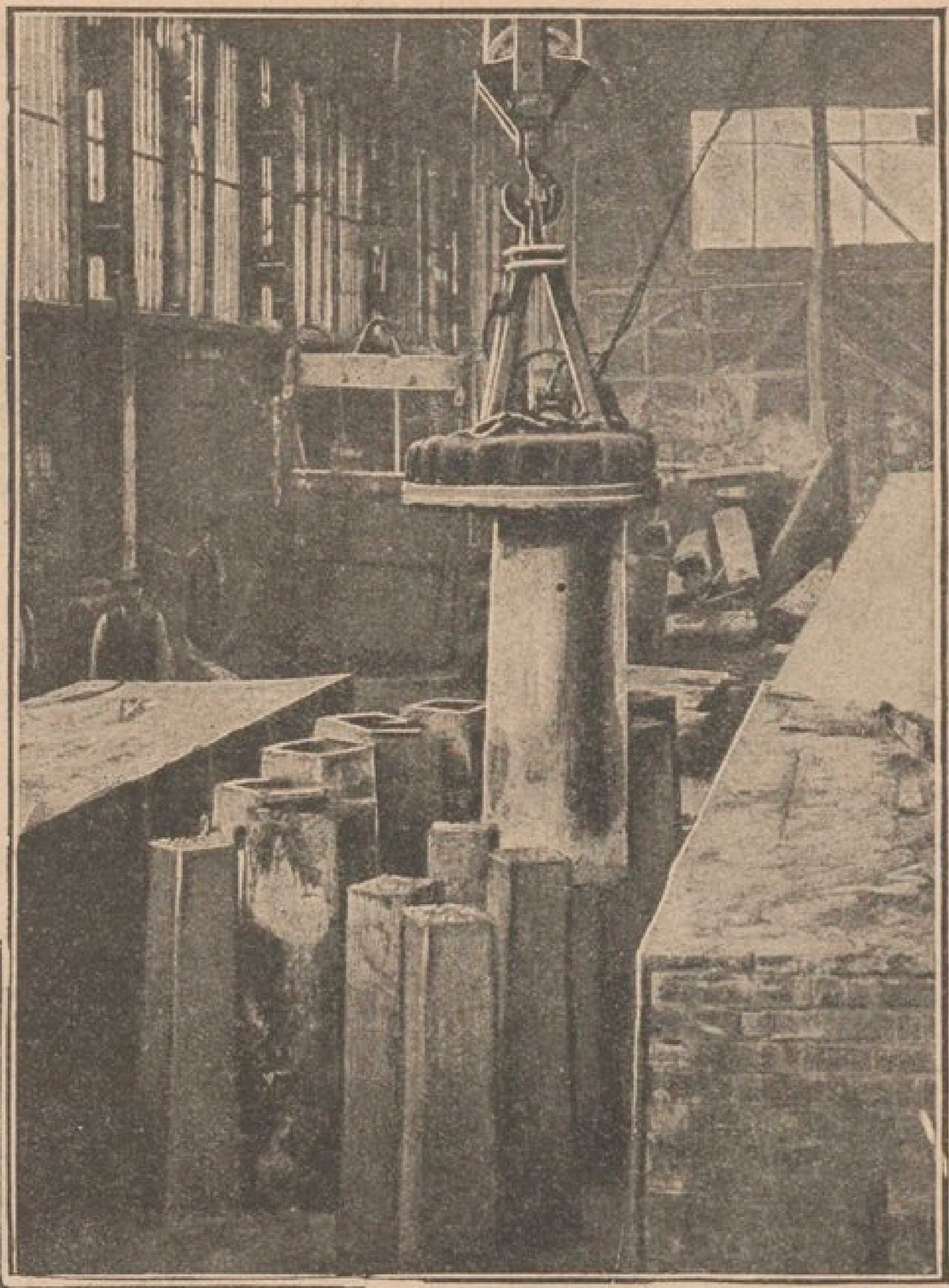
Le fonctionnement d'une grue à équipement magnétique est très simple. Dès que l'électro-aimant est posé sur les pièces à soulever, le passage du courant fait adhérer ces dernières. L'appareil effectue ensuite ses manœuvres de levage et de transport, puis il suffit de rompre le courant en manœuvrant un contrôleur ou un simple commutateur, pour que la charge soit immédiatement déposée à la place voulue et sans à-coup.

La carcasse d'acier qui renferme l'électro-aimant est rigoureusement étanche et permet d'opérer sans inconvénient sous la pluie ou dans la poussière, quelle que soit la température. Les enroulements, pressés fortement à l'intérieur et noyés dans une matière isolante spéciale, sont calculés très largement, de manière à permettre une marche intensive sans qu'il y ait à craindre d'échauffement anormal.

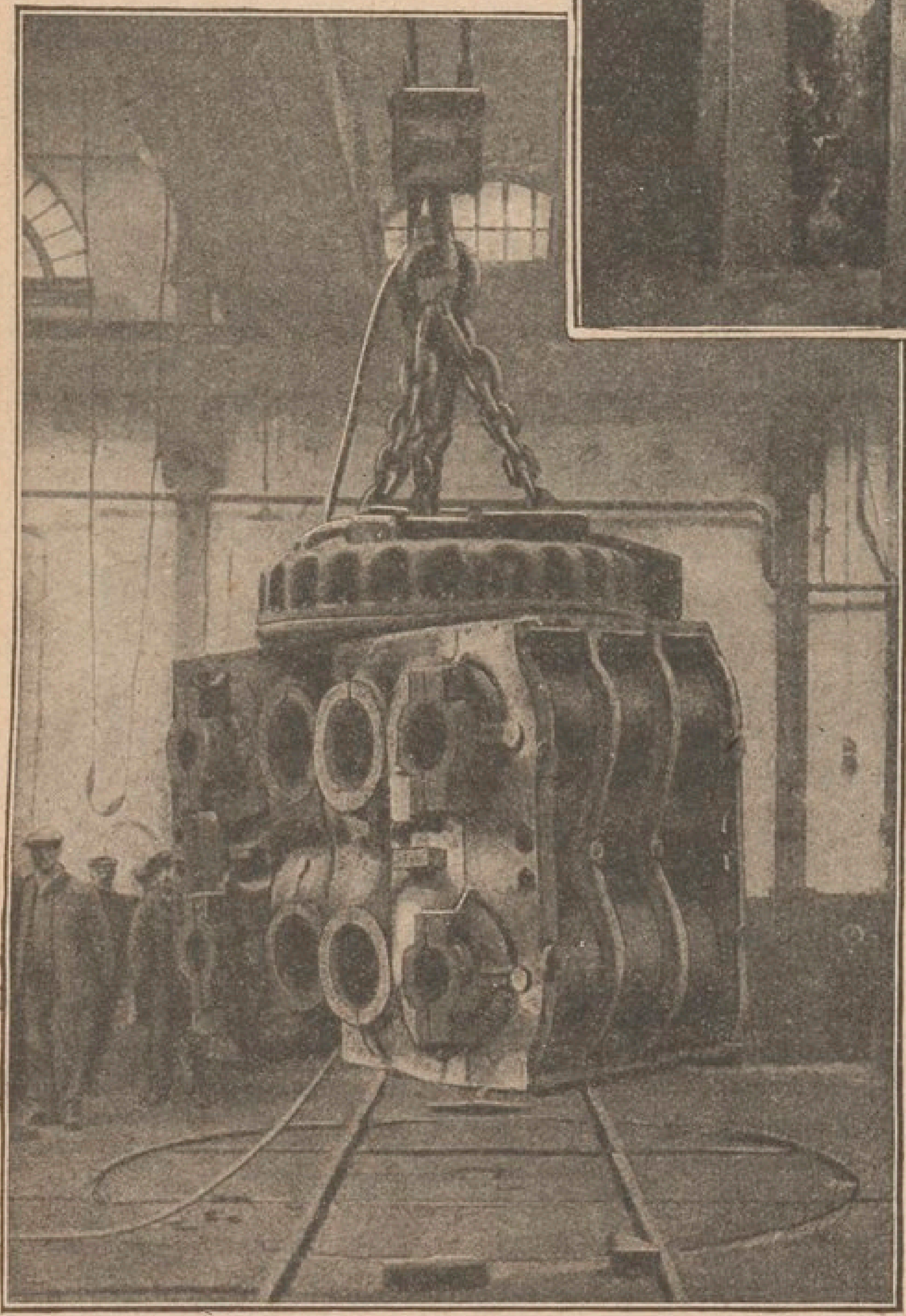
Les appareils sont construits exclusivement pour courant continu sous tension de 110 à 500 volts, quand on ne dispose que de courant alternatif on transforme celui-ci par une dynamo ou par un groupe convertisseur.

Les appareils normalement employés sont ronds ou rectangulaires. On peut, d'ailleurs, réaliser facilement des modèles spéciaux convenant à des objets de forme déterminée tels que : obus, tuyaux de fonte, boulets de casse-fonte, fers et aciers profilés, rails. On réalise facilement des électro-aimants à doigts mobiles épousant la surface irrégulière de certaines pièces de forge ou de fonderie compliquées.

Dans les aciéries modernes, les fours électriques Héroult et autres utilisent, en général, comme matières premières, des déchets d'acier ou de fonte de provenances très diverses. On peut donc employer avec succès des électro-aimants de levage pour la manutention des scraps ou déchets introduits dans les fours, ainsi que pour le démoulage des lingots d'acier encore chauds.



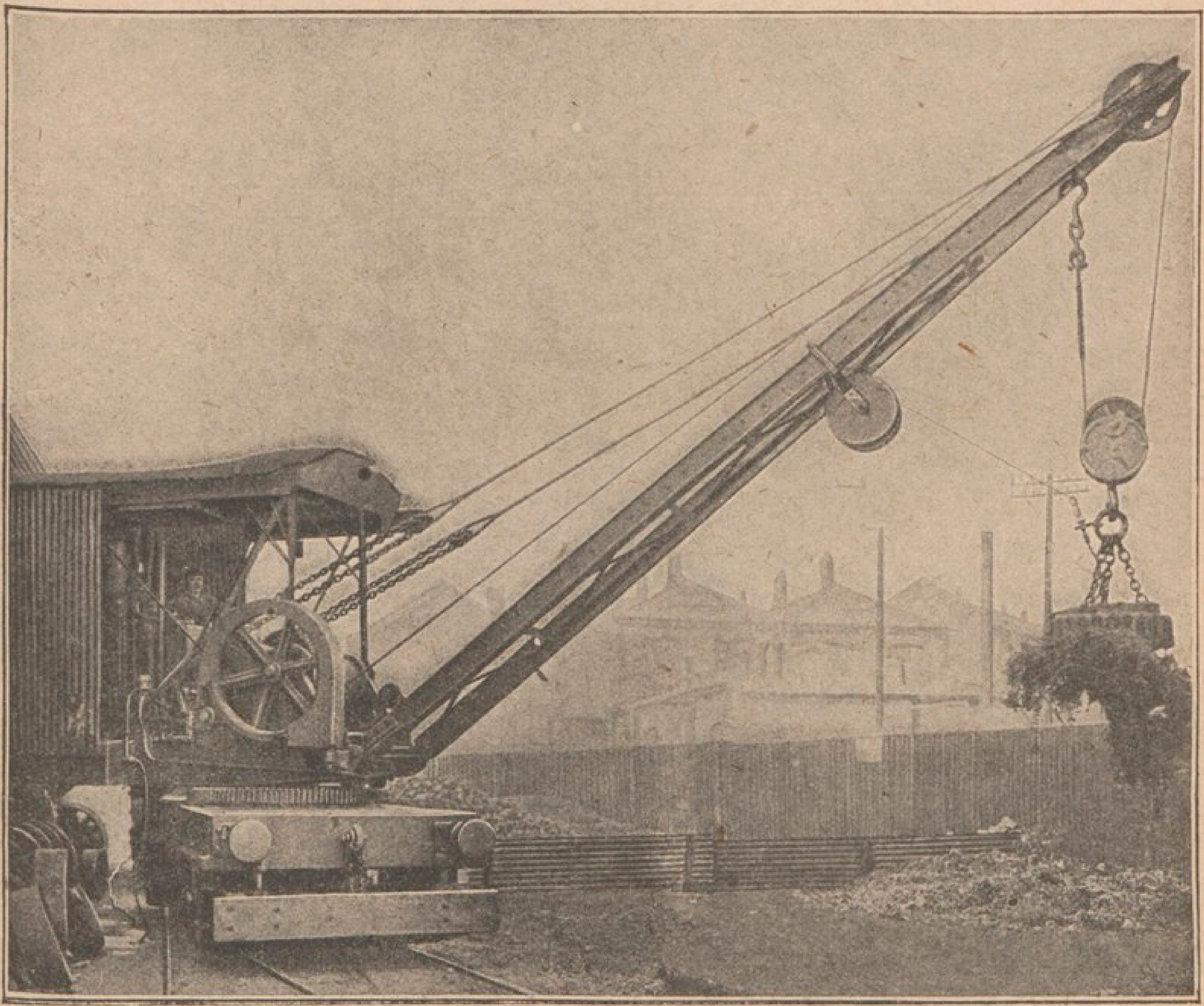
ÉLECTRO-AIMANT DANS UNE ACIÉRIE ÉLECTRIQUE ANGLAISE



ÉLECTRO-AIMANT DANS UNE FONDERIE DE CYLINDRES

Une autre application très intéressante consiste à faire supporter par un électro-aimant suspendu au crochet d'une grue une pesante sphère d'acier moulé. On réalise ainsi un mouton concasseur très pratique pour fonderies ou pour aciéries, qui permet de briser économiquement les pièces de rebut que l'on repasse ensuite dans la fabrication ou que l'on vend à des tiers. La sphère est disposée de telle manière que son centre de gravité se trouve exactement dans le milieu de l'aimant, en dessous du crochet de la grue, ce qui permet d'atteindre le but avec précision. Une fois que les matériaux sont cassés par le mouton, l'électro-aimant peut servir à les rassembler et à les charger sur wagon.

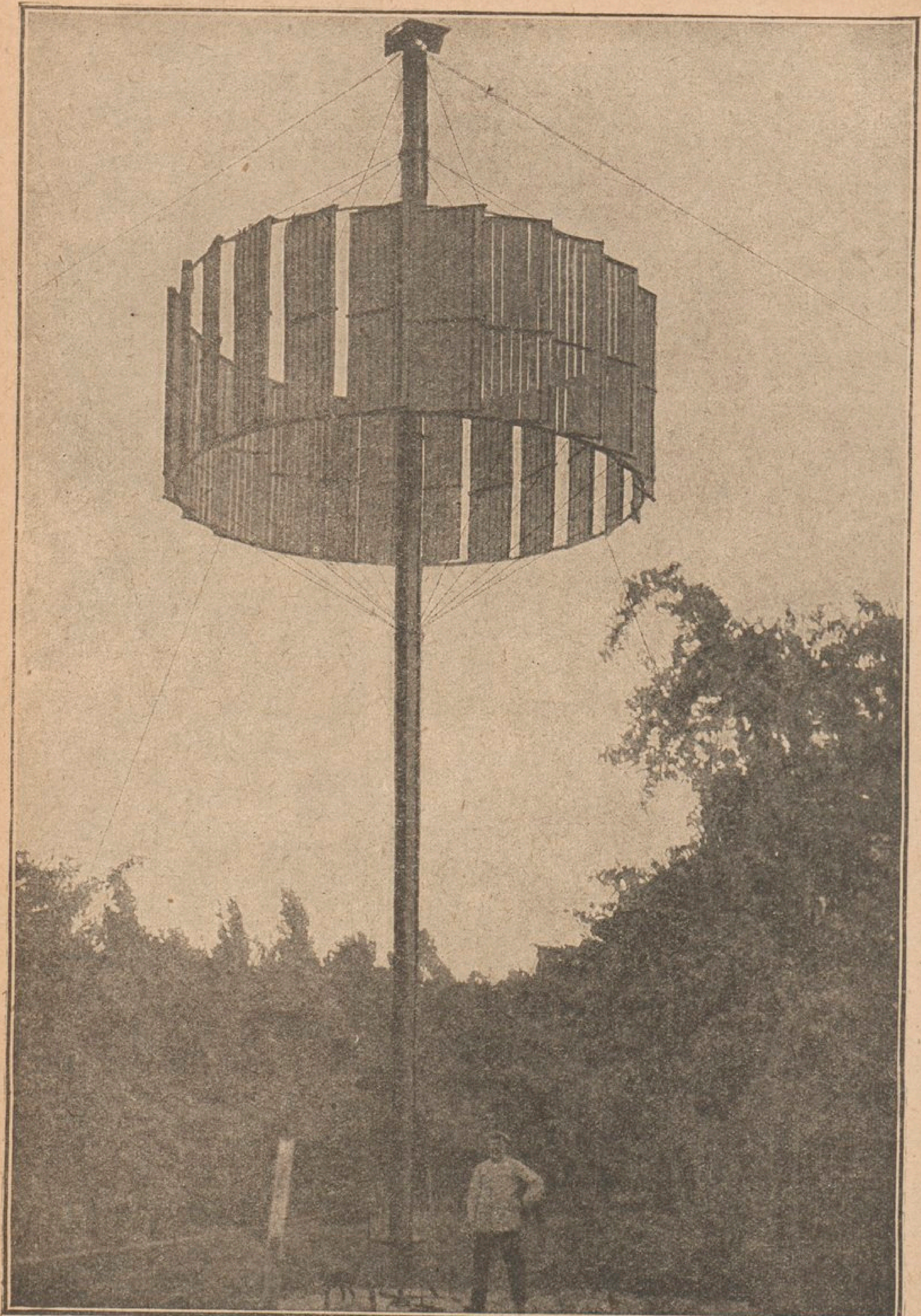
D'après les renseignements que nous a aimablement fournis M. P. Bachelet, ingénieur-constructeur, qui s'est spécialisé dans l'étude des appareils dont le fonctionnement est fondé sur l'emploi des phénomènes d'aimantation, le courant absorbé est très faible, relativement au travail produit ; on peut, par exemple, dans de bonnes conditions de fonctionnement, soulever un bloc d'acier de 5.000 kilos avec un appareil pesant 450 kilos, absorbant 1.800 watts ; de même, un bloc de 20.000 kilos avec un appareil pesant 1.800 kilos, absorbant 6.500 watts, soit des puissances correspondant respectivement à 2,45 et 8,8 chevaux. Un électro-aimant circulaire ayant un mètre de diamètre et capable de lever 10.000 kilogrammes pour un poids propre de 900 kilos, coûterait actuellement, environ, 5.000 francs, y compris l'appareil de contrôle et les résistances.



GRUE MOBILE A VAPEUR MUNIE D'UN ÉLECTRO-AIMANT

Le crochet qui supporte l'électro-aimant est directement fixé au-dessous d'une poulie sous laquelle passe le câble principal de levage. Le long de la volée de la grue est installé un tendeur enrouleur automatique qui empêche le conducteur électrique amenant le courant de prendre du mou et de se détériorer. Un seul homme suffit pour surveiller la chaudière, orienter la volée et faire les accrochages magnétiques successifs.

Le courant absorbé représenterait environ 2.500 watts. CONSTANTIN REBOUL.



MOULIN A AXE VERTICAL SYSTÈME COSTES, N'AYANT PAS BESOIN D'ÊTRE ORIENTÉ

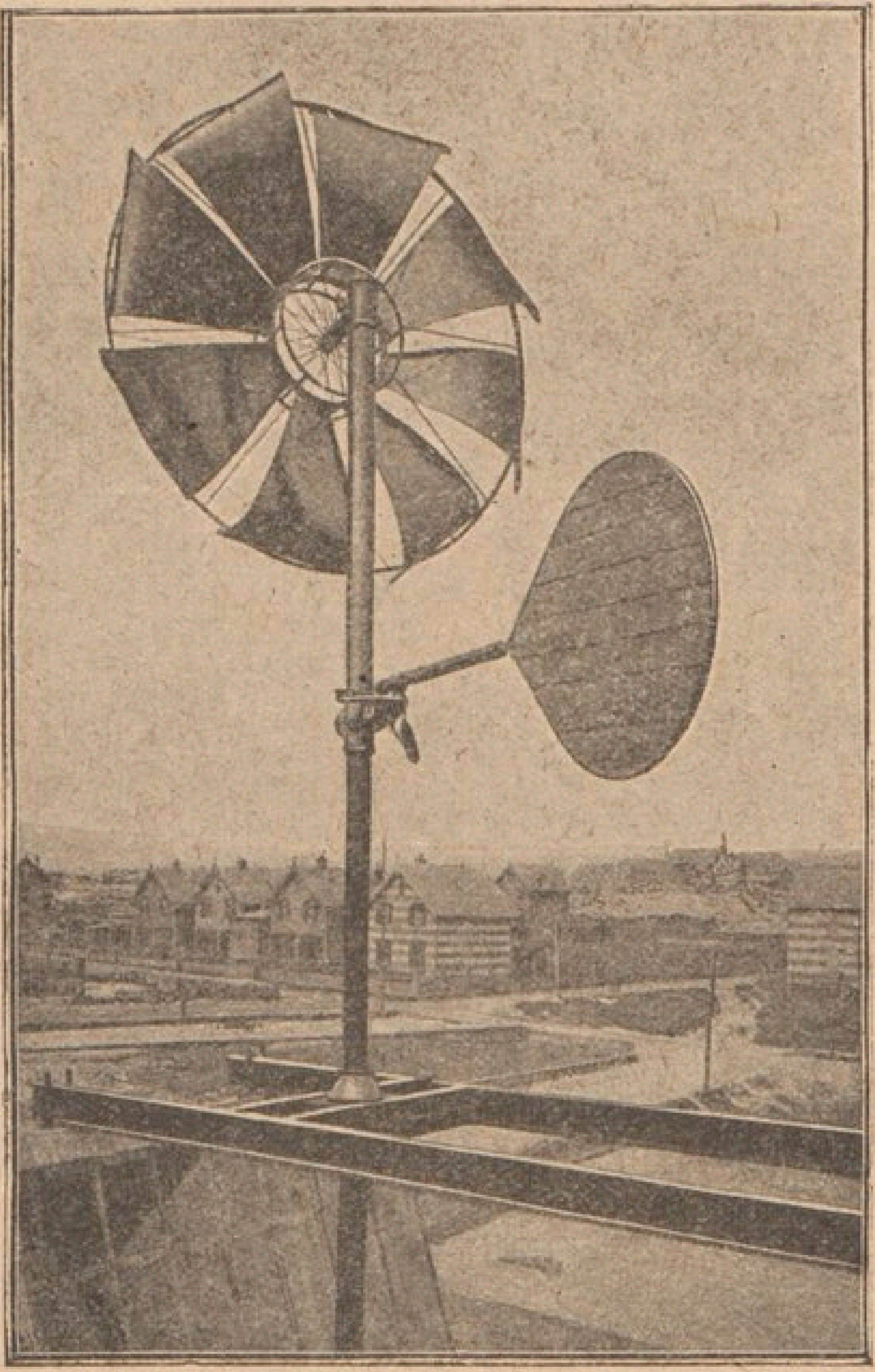
LE VENT, COMME LA HOUILLE BLANCHE, EST UNE FORCE MOTRICE ÉCONOMIQUE

Par Gérard PUYRAMONT

Il y a, au sein de l'atmosphère, une puissance énorme susceptible d'être captée, transformée en force motrice et utilisée pour les besoins sans cesse grandissants de l'industrie. Cette puissance, c'est le vent.

A l'heure où tous les combustibles habituellement employés sont si rares et si coûteux, l'utilisation du vent apparaît doublement intéressante en raison de la force prodigieuse qu'elle représente et de la gratuité absolue de cette force.

Le vent, il est vrai, est irrégulier; il ne souffle pas tous les jours à une vitesse constante. Tantôt cette vitesse ne dépassera pas un ou deux mètres à la seconde, tantôt elle atteindra vingt ou vingt-cinq mètres. Pour cette raison, le vent ne saurait avoir qu'une utilisation limitée. Mais cette utilisation est tout de même suffisamment vaste pour intéresser bon nombre d'organisations industrielles ou agricoles qui ont, jusqu'ici, recours au charbon, si précieux, et qui pourraient parfaitement s'accommoder de la force motrice intermittente que produit le vent. Ainsi, la petite industrie et l'agriculture tireraient de l'utilisation du vent de sérieux avantages pour le broyage, la compression de l'air, l'électrolyse, la cnarge d'accumulateurs, l'élévation de l'eau dans des réservoirs, etc..., toutes choses qui n'exigent pas, en somme, une force motrice absolument constante.



MOTEUR A VENT THOMAS

Formée par une roue aérienne à huit pales, cette machine développe, par vent moyen, une force de 45 kilogrammètres.

La *variabilité* en intensité qui constitue le seul inconvénient du vent est d'ailleurs largement compensée par les avantages matériels que l'on tire de son utilisation. Puisqu'on emprunte le travail des machines à vent à un phénomène naturel dont la production ne coûte rien, l'achat de ces machines une fois effectué, la dépense courante est nulle. Aussi, à force motrice égale, le moteur à vent est-il le moins onéreux de toutes les machines, y compris celles qui doivent leur puissance à la vapeur, au gaz, ou à une chute d'eau.

L'établissement d'une bonne machine à vent exige avant tout une connaissance approfondie de cet élément. Les vieux loups de mer qui manœuvrent leurs bateaux à voiles avec tant d'habileté au milieu des plus fortes tempêtes sont, en général, d'excellents météorologues, connaissant parfaitement le régime des vents et sachant en tirer le meilleur parti. De même, celui qui construit un moulin ou qui recherche l'emplacement le plus favorable à son fonc-

tionnement, doit prendre très soigneusement pour base la vitesse moyenne et la direction des vents dans la contrée intéressée.

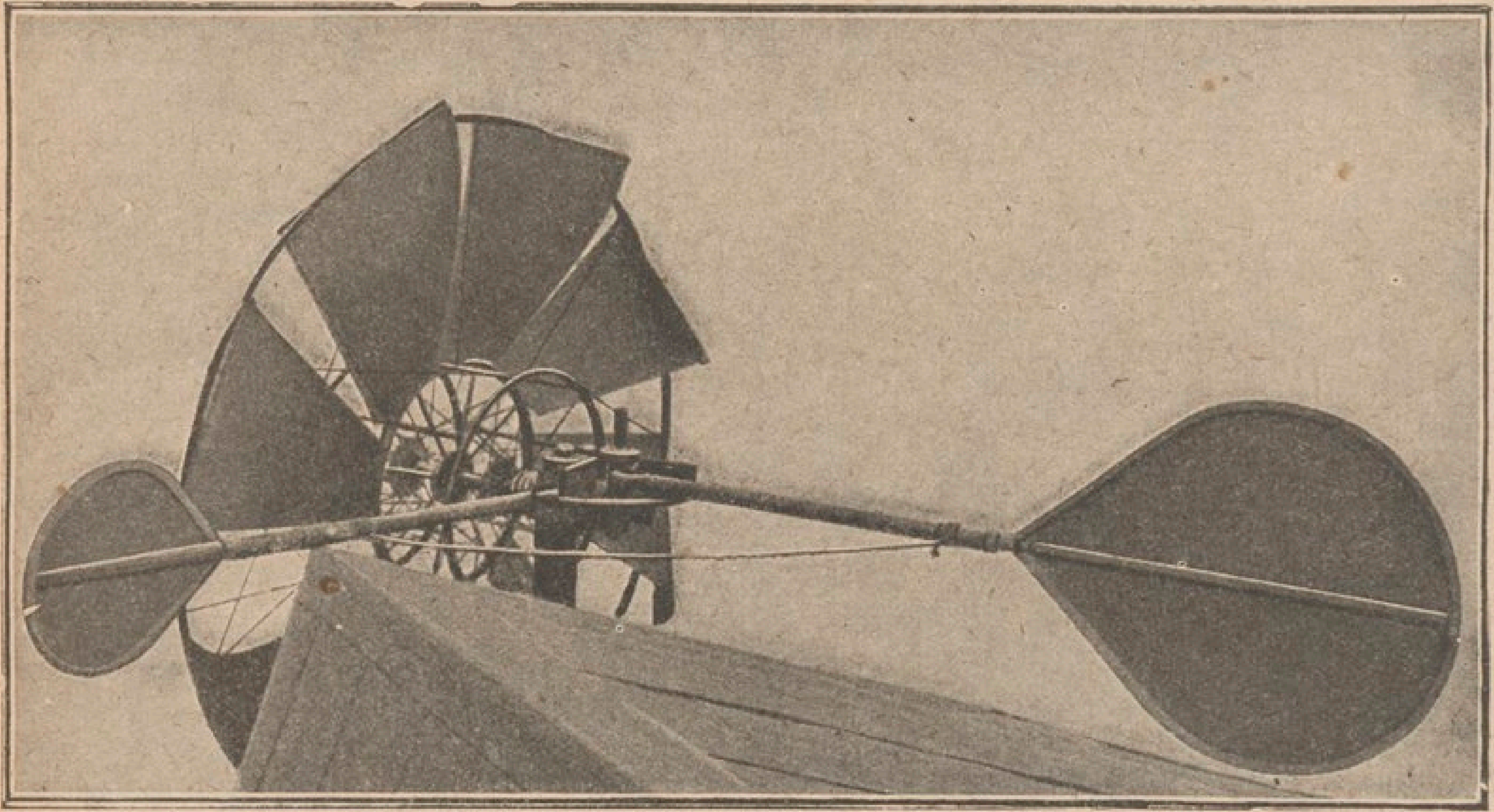
La France est un pays venteux, soumis 677 jours sur 1.000 à un vent dont la vitesse est supérieure à 5 mètres à la seconde. On sait que, dans notre pays, les vents dominants sont ceux d'ouest et du sud-ouest.

La vitesse du vent est extrêmement variable ; cette variation est parfois très brusque. La pression exercée sur une surface opposée au vent est proportionnelle au carré de la vitesse du courant d'air. Cette pression est considérable. Si, à 6 mètres par seconde, elle est de 5 kilos par mètre carré, elle passe à 130 kilos par mètre de surface, quand la vitesse du vent est de 30 mètres à la seconde. Une telle vitesse est, d'ailleurs, très rare ; on l'enregistre une ou deux fois par an. Néanmoins, il faut en tenir compte dans l'étude de la résistance des matériaux, si l'on ne veut pas voir la machine à vent s'effondrer ou se fausser à la première tempête.

Quant au travail transmis à la machine, il est établi par les techniciens qu'il est proportionnel *au cube de la vitesse du vent.*

Le vent croît généralement avec l'altitude ; ainsi, tout en étant plus régulier, il est, à 300 mètres de hauteur, près de quatre fois et demie plus fort qu'à 20 mètres du sol.

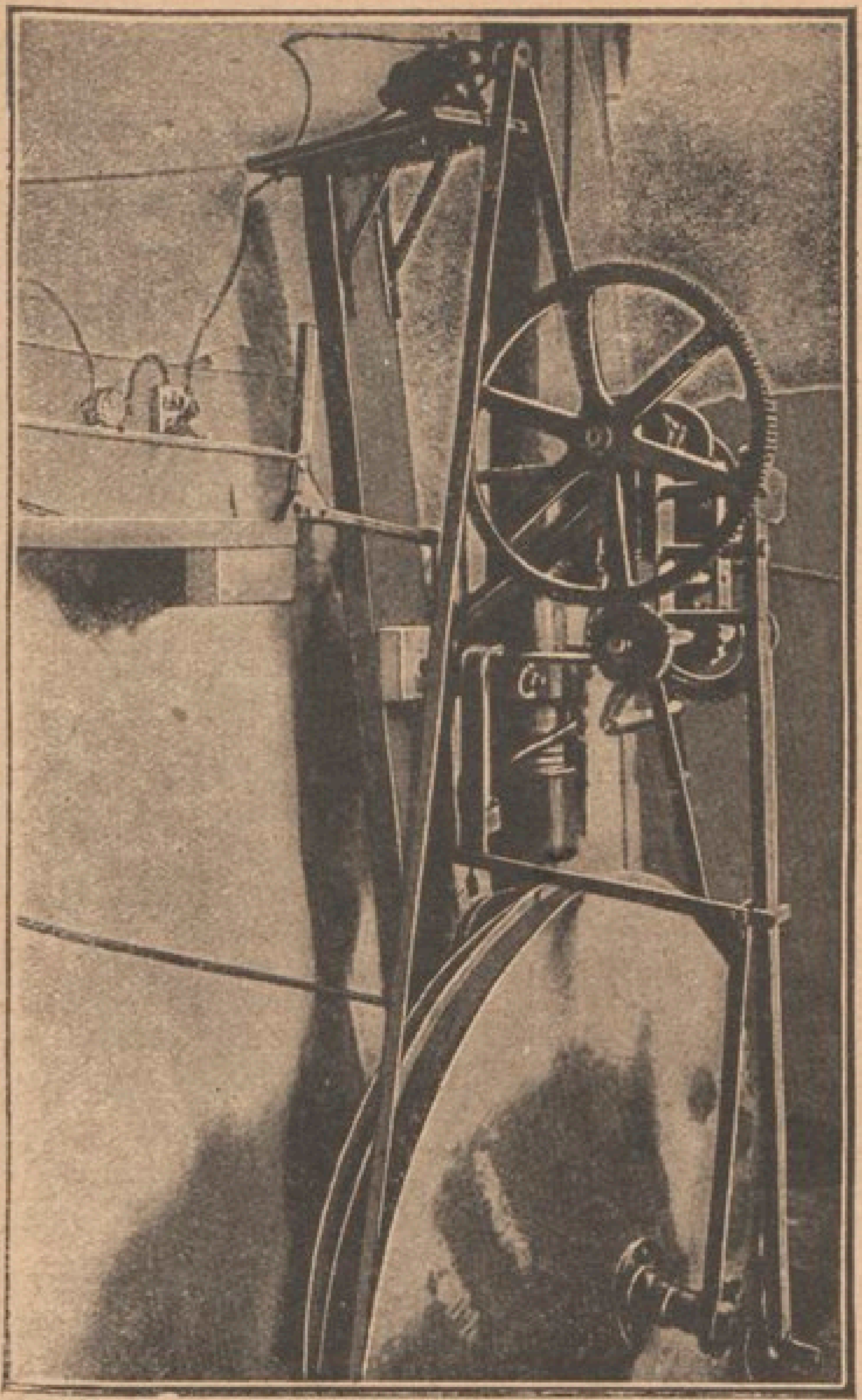
Tous ces facteurs : fréquence, direction, pression et rendement interviennent dans l'étude d'un moteur aérien. Ils contribuent à rendre la question un peu plus complexe qu'elle ne le paraît au premier abord. Car les machines à vent, telles qu'elles sont conçues aujourd'hui, n'ont rien de commun, si ce n'est le principe ou la force naturelle qui les anime, avec les anciens moulins installés dans le Nord, et surtout en Hollande. Ces derniers ont une origine asiatique extrêmement lointaine ; d'après certains historiens, ils étaient déjà connus en Hongrie et en Pologne au VI^{e} siècle.



LE MOULIN, COULISSANT LE LONG DE SON SUPPORT, EST MIS A L'ABRI DES TEMPÊTES, QUI POURRAIENT LE FAUSSER ET MÊME LE DÉTRUIRE COMPLÈTEMENT

Monté sur une colonne creuse, le moulin peut être élevé ou descendu à volonté. On a donc la possibilité de le mettre à l'abri quand on ne l'utilise pas, ce qui est très important.

Si ces moulins proprement dits constituent la première utilisation industrielle du vent, ils tendent à disparaître de plus en plus. La vapeur et l'électricité ont remplacé le vent depuis que la meunerie est devenue une entreprise industrielle et commerciale de premier ordre, pourvue de moyens matériels puissants. Les moulins hollandais utilisaient d'ailleurs très mal le vent. S'ils étaient montés sur pivot et, de ce fait, orientables, la variation de surface de leurs ailes était assurée d'une façon trop rustique pour être vraiment pratique. Une machine à vent, quelle que soit sa destination : mouture, élévation des eaux, charge d'accumulateurs, etc., doit être automatiquement orientable pour utiliser le vent aussi complètement que possible, suivant la direction de



MÉCANISME D'UN MOTEUR A VENT THOMAS RELIÉ A UNE DYNAMO

celui-ci. En même temps, sa *surface réceptrice* doit pouvoir *s'effacer* quand le vent est par trop violent, de façon à offrir le minimum de résistance. Enfin, s'il s'agit d'une machine élévatoire, il convient de régler le débit de la pompe de façon à ce que celui-ci s'élève automatiquement à mesure qu'augmente la vitesse de la roue réceptrice.

La machine à vent doit donc être très sensible, afin de pouvoir fonctionner dès que la vitesse du vent atteint 2 mètres ou 2 m. 50 à la seconde, et en même temps être assez robuste, non seulement pour *travailler* par les grands vents de 10 à 15 mètres, mais encore pour résister aux tempêtes et aux ouragans qui se produisent parfois. Enfin, il ne faut pas oublier que le rendement de la machine étant intermittent, le prix de revient ne doit pas être très élevé. C'est seulement en réunissant ces différentes conditions que l'on arrivera à rendre véritablement pratique l'utilisation du vent.

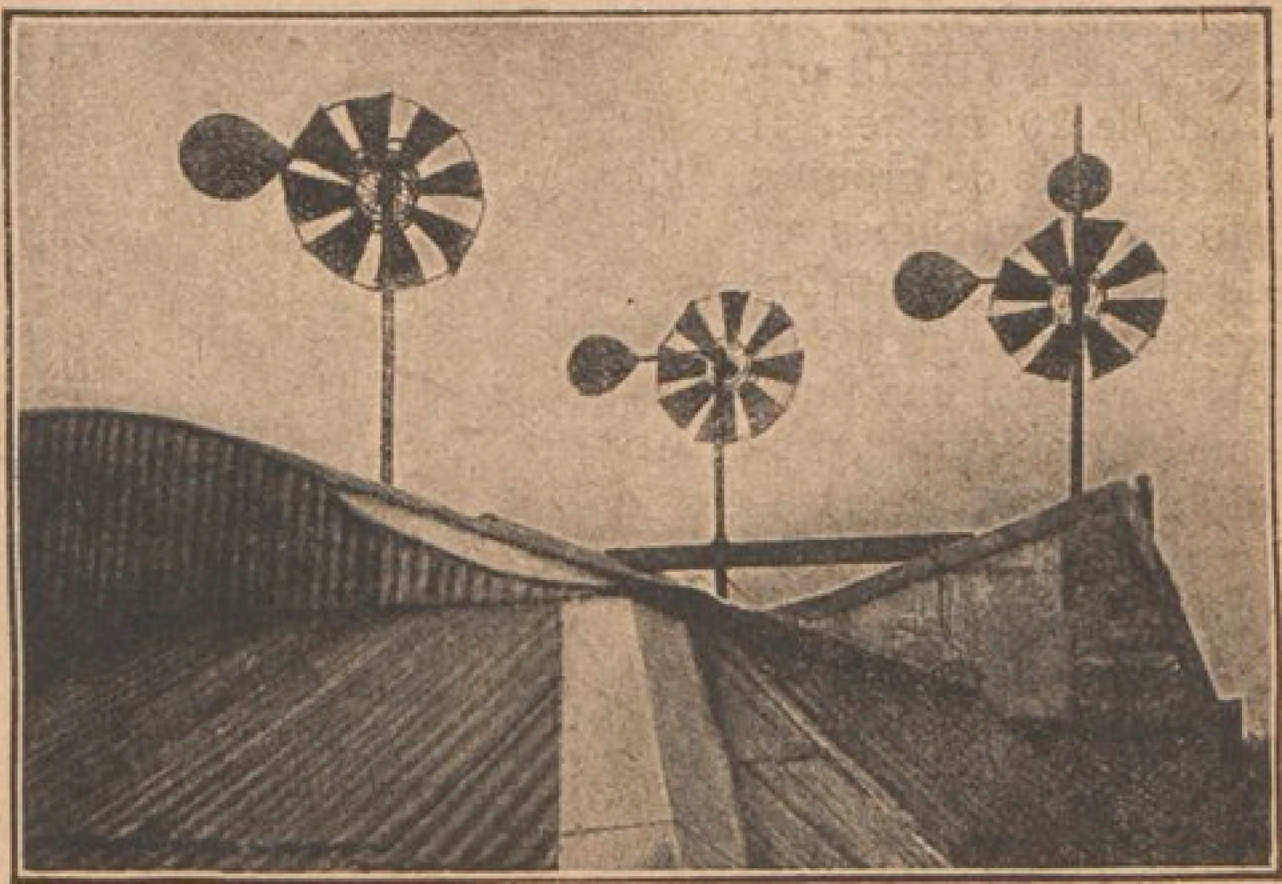
De nombreux constructeurs ont orienté leurs recherches dans cette voie très intéressante. Quels résultats ont-ils obtenus ?

Les machines à vent vraiment mécaniques furent d'abord établies aux Etats-Unis. A leur tour, les Français conçurent quelques mécanismes véritablement ingénieux. Celui de M. Durey-Sohy fut l'un des premiers et, grâce à des perfectionnements successifs, on peut dire qu'il est resté l'un des meilleurs.

L'aéro-moteur Durey-Sohy appartient au type classique des moulins à vent modernes. Il se compose essentiellement d'une roue motrice à ailettes, d'une girouette d'orientation indispensable et d'un mécanisme de régulation de vitesse très rationnel.

Tous les moulins de ce type sont pourvus de régulateurs qui appartiennent à deux systèmes. Dans l'un, la roue réceptrice reste toujours perpendiculaire à la direction du vent, mais cette surface est constituée par des palettes mobiles qui, suivant la force du vent, s'inclinent plus ou moins. Dans l'autre, les palettes sont fixes, mais la roue est maintenue face au vent par une quille verticale. Sous l'action d'une autre petite quille, parallèle à la première, la roue est entraînée peu à peu sur le côté à mesure que le vent augmente d'intensité. La roue se place complètement dans le lit du vent quand celui-ci, soufflant trop fortement, devient dangereux. Parfois, la quille de dérive est remplacée par une petite roue aérienne auxiliaire qui joue le même rôle que la quille.

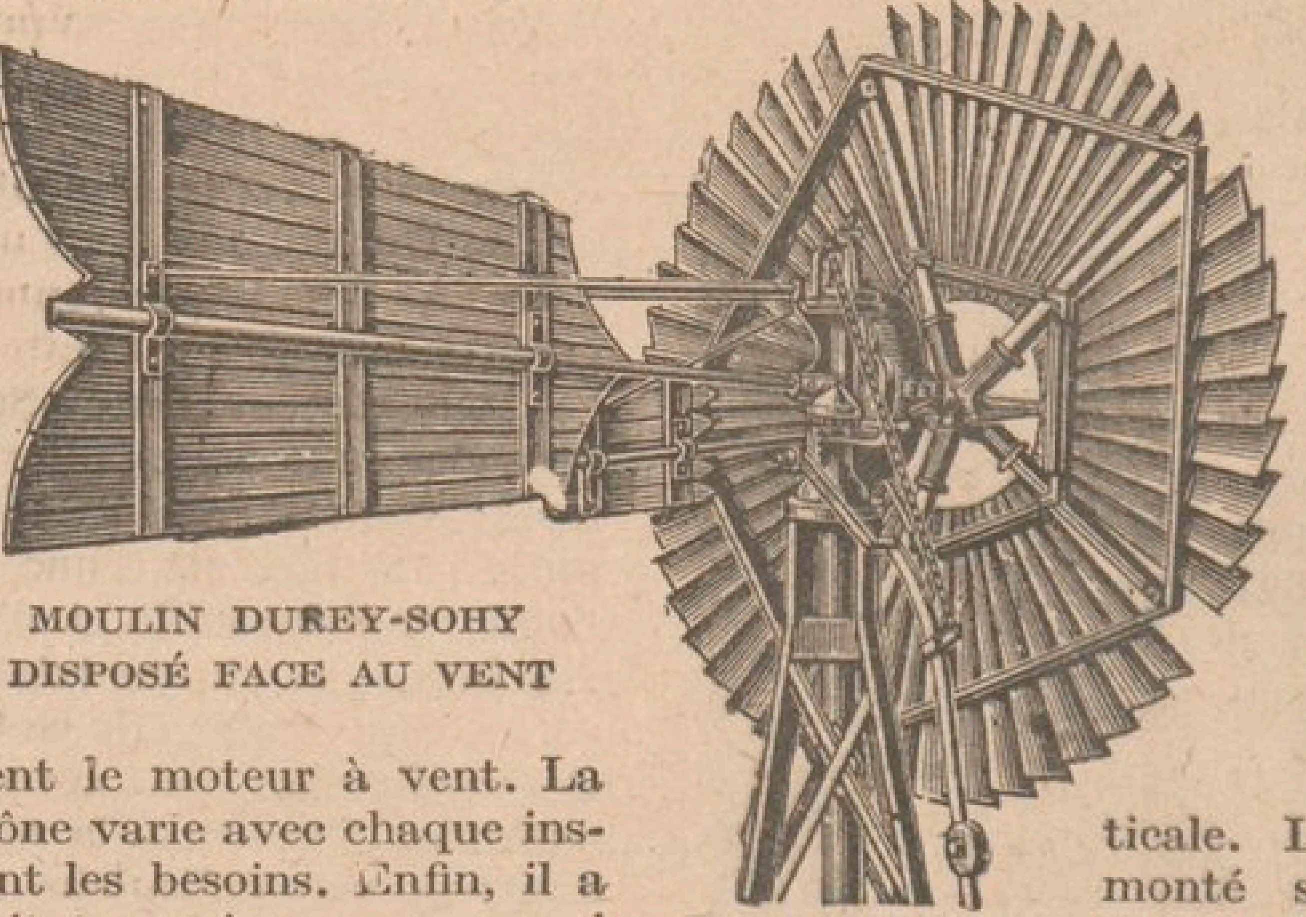
C'est au second de ces systèmes qu'appartient le régulateur du moulin Durey-Sohy.



EN DISPOSANT CONVENABLEMENT TROIS ROUES AÉRIENNES SUR UN ARBRE UNIQUE, ON TRIPLE LA PUISSANCE DÉVELOPPÉE PAR LE MOULIN

La résistance opposée par les pompes est réglée suivant l'intensité du vent au moyen d'un levier compensateur, qui permet de modifier à volonté la course des pistons.

La grande quille verticale assure l'orientation automatique de la machine avec la rapidité exigée par les brusques changements de direction des courants aériens. L'ensemble est relié au pivot vertical par un système à billes disposé au sommet du pylône qui soutient le moteur à vent. La hauteur de ce pylône varie avec chaque installation et suivant les besoins. Enfin, il a été prévu un petit treuil à engrenage qui permet d'arrêter instantanément la roue réceptrice chaque fois que cela est nécessaire. Grâce à ce dispositif, très pratiquement imaginé, on est maître de la machine, même par les vents les plus violents.



MOULIN DUREY-SOHY DISPOSÉ FACE AU VENT

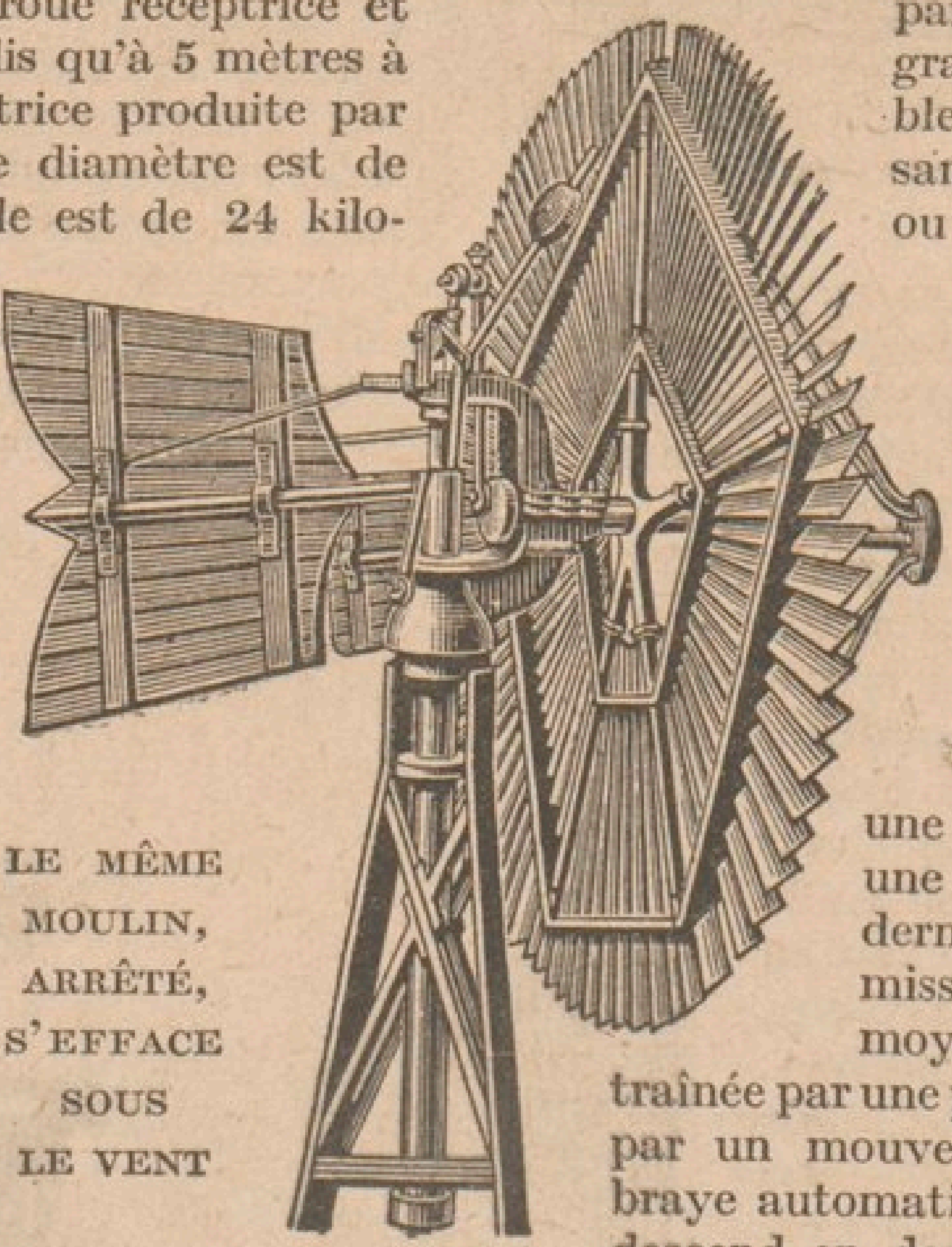
La force motrice croît très rapidement avec le diamètre de la roue réceptrice et la vitesse du vent. Tandis qu'à 5 mètres à la seconde, la force motrice produite par une roue de 2 m. 30 de diamètre est de 3 kilogrammètres 07, elle est de 24 kilogrammètres 60, si la vitesse du vent atteint 10 mètres. Une roue de 7 mètres de diamètre donne 1 HP 43 par vent de 7 mètres à la seconde et 4 HP 18 par vent de 10 mètres. Il est possible de grouper plusieurs machines et de les relier à un arbre unique ; on arrive à obtenir ainsi une puissance considérable, produite par une force naturelle absolument gratuite (figure page 449).

Le moteur à vent relié à une pompe assure un débit horaire de 15 mètres cubes environ pour une roue de 7 mètres, l'eau étant élevée d'une profondeur de 25 mètres. Pour 50 mètres d'aspiration, le débit n'est plus que de 7 mètres cubes par heure et pour 100 mètres, de 3 mc. 700, ce qui est encore considérable, étant donné la profondeur exceptionnelle du puits.

Le problème du moteur à vent a été résolu d'une façon un peu différente par un autre ingénieur, M. Ed. Thomas. L'appareil imaginé par celui-ci comprend une roue réceptrice constituée par huit pales assez larges, disposées sur un cercle métallique. Ces pales sont fixes et orientées dans la direction du vent au moyen d'une quille verticale. L'ensemble est monté sur une colonne creuse et peut être élevé ou descendu à volonté. De cette façon, la machine peut être mise à l'abri quand on ne l'utilise pas ou à l'approche d'une tempête. La transmission se fait au moyen d'une chaîne passant à l'intérieur de la colonne de soutien. La puissance de cet appareil est, par vent moyen, de 45 kilogrammètres ; on peut doubler ou tripler cette puissance en accouplant deux ou trois machines sur la même transmission.

Cette opération ne présente pas de difficultés et donne de très heureux résultats.

Le moteur à vent de M. Ed. Thomas a l'avantage d'être léger et facilement démontable; il peut actionner soit une pompe élévatoire, soit une petite dynamo. Cette dernière est reliée à la transmission de la machine au moyen d'une courroie entraînée par une poulie. Celle-ci, embrayée par un mouvement centrifuge, se débraye automatiquement quand le vent descend en dessous de sa vitesse utilisable. C'est ce même embrayage qui assure le fonctionnement du disjoncteur.



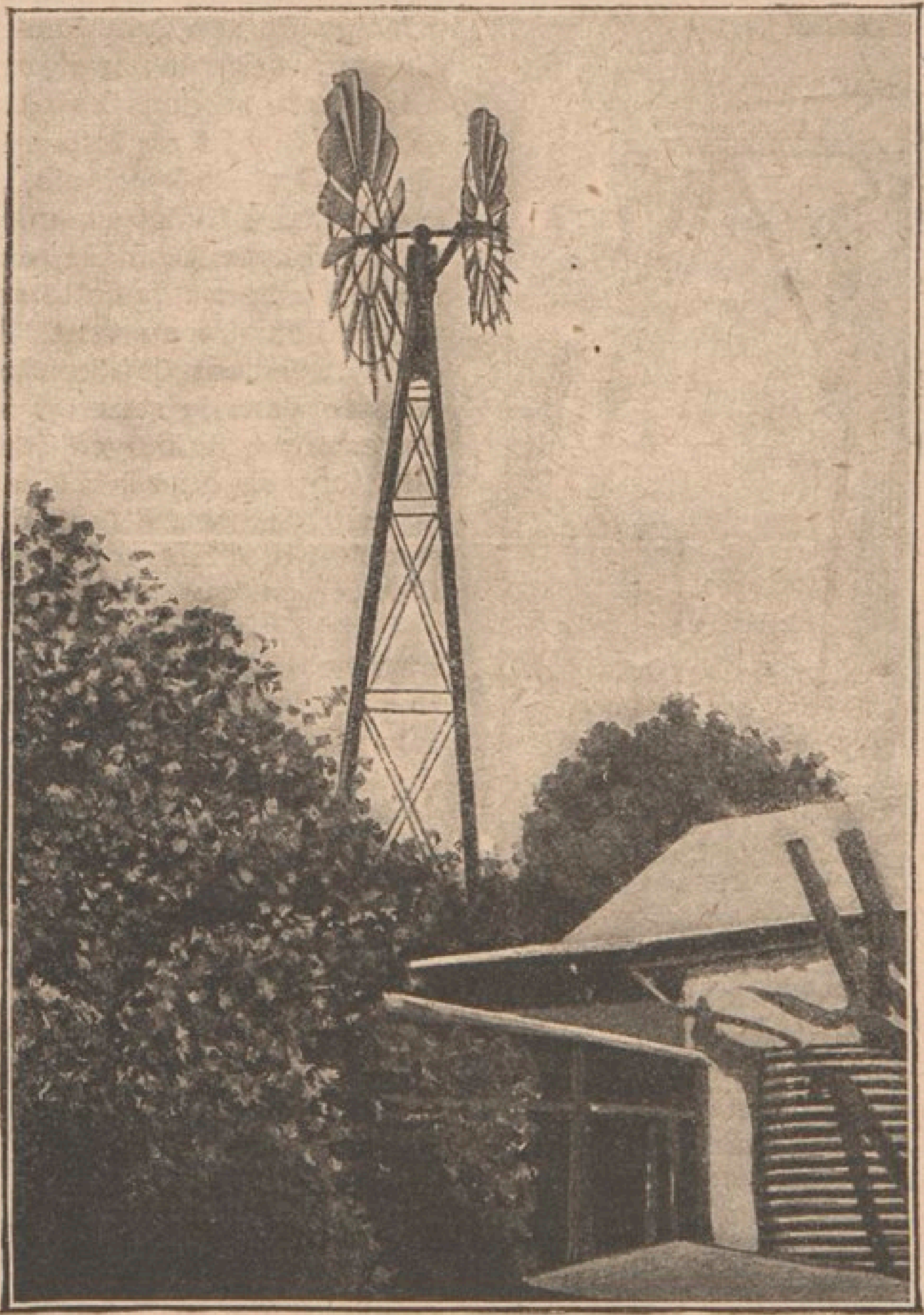
LE MÊME MOULIN, ARRÊTÉ, S'EFFACE SOUS LE VENT

Un inventeur australien, M. A. Mulrony, a cherché à utiliser pratiquement la force du vent pour faire tourner une dynamo assez puissante ; il y est parvenu, puisque,

sans aucune dépense de combustible, son appareil fournit la lumière à vingt-cinq lampes de seize bougies, durant douze heures par jour. Une machine, plus petite, donne le courant nécessaire à l'alimentation de quinze lampes de seize bougies pendant quatre heures par jour et un groupe d'accumulateurs chargé par la même machine, emmagasine assez d'électricité pour éclairer ces quinze lampes pendant six jours, sans le secours de la dynamo Autrement dit pendant six jours de suite, le vent peut faire défaut sans que la fourniture du courant soit pour cela interrompue. L'électricité ainsi produite peut servir à actionner un ventilateur, un appareil de nettoyage par le vide, une machine à coudre, une pompe, etc.

M. Mulrony a adopté un courant initial de 25 volts. La batterie d'accumulateurs comprend quatorze éléments reliés en série. Ils sont facilement et très rapidement chargés par la dynamo, la résistance introduite dans le circuit étant peu considérable.

Le moteur à vent est constitué par deux roues aériennes parallèles, l'une étant un peu plus petite que l'autre. La roue dont le diamètre est le plus faible joue le rôle d'une quille de dérive et maintient l'ensemble face au vent. Le vent exerce la majeure partie de son effort sur la grande roue et la fait tourner dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre. Mais toute la force du vent n'étant pas ainsi épuisée, le reste se répartit sur la seconde roue, qui tourne dans le même sens que la précédente. Chaque roue est montée sur un axe indépendant, mais les deux axes aboutissent à un différentiel, situé au centre de la machine. Les roues peuvent donc tourner à un régime différent; l'effort de l'une s'ajoute à celui de l'autre, pour s'exercer sur l'arbre principal de la machine à vent.



MOULIN A VENT MULRONY EN ACTION

Cette machine fait tourner une dynamo et permet d'obtenir, avec une force motrice absolument gratuite, le courant électrique nécessaire pour l'allumage de 25 lampes de 16 bougies.

Le branchement d'une machine à vent sur une dynamo avait été envisagé depuis longtemps. Très simple en théorie, cette application de la force du vent s'était révélée dans la pratique d'une réalisation bien difficile. La vitesse relativement réduite de la roue éolienne ne s'accommode pas aisément avec le régime habituel d'une dynamo. Nécessairement, celle-ci doit être animée d'une très grande vitesse — approximativement 2.000 tours à la minute — tandis que la rotation d'une roue aérienne ne dépasse guère 60 tours à la minute par un vent de 10 mètres à la seconde.

L'inventeur australien a surmonté la difficulté d'une façon très heureuse, en construisant une dynamo spéciale à régime lent. On évite ainsi l'emploi d'un transformateur de vitesse qui est un organe assez délicat, nécessitant quelque entretien par un mécanicien.

Quand les deux roues se mettent en mouvement, la dynamo, qui est directement branchée sur le différentiel produit immédia-

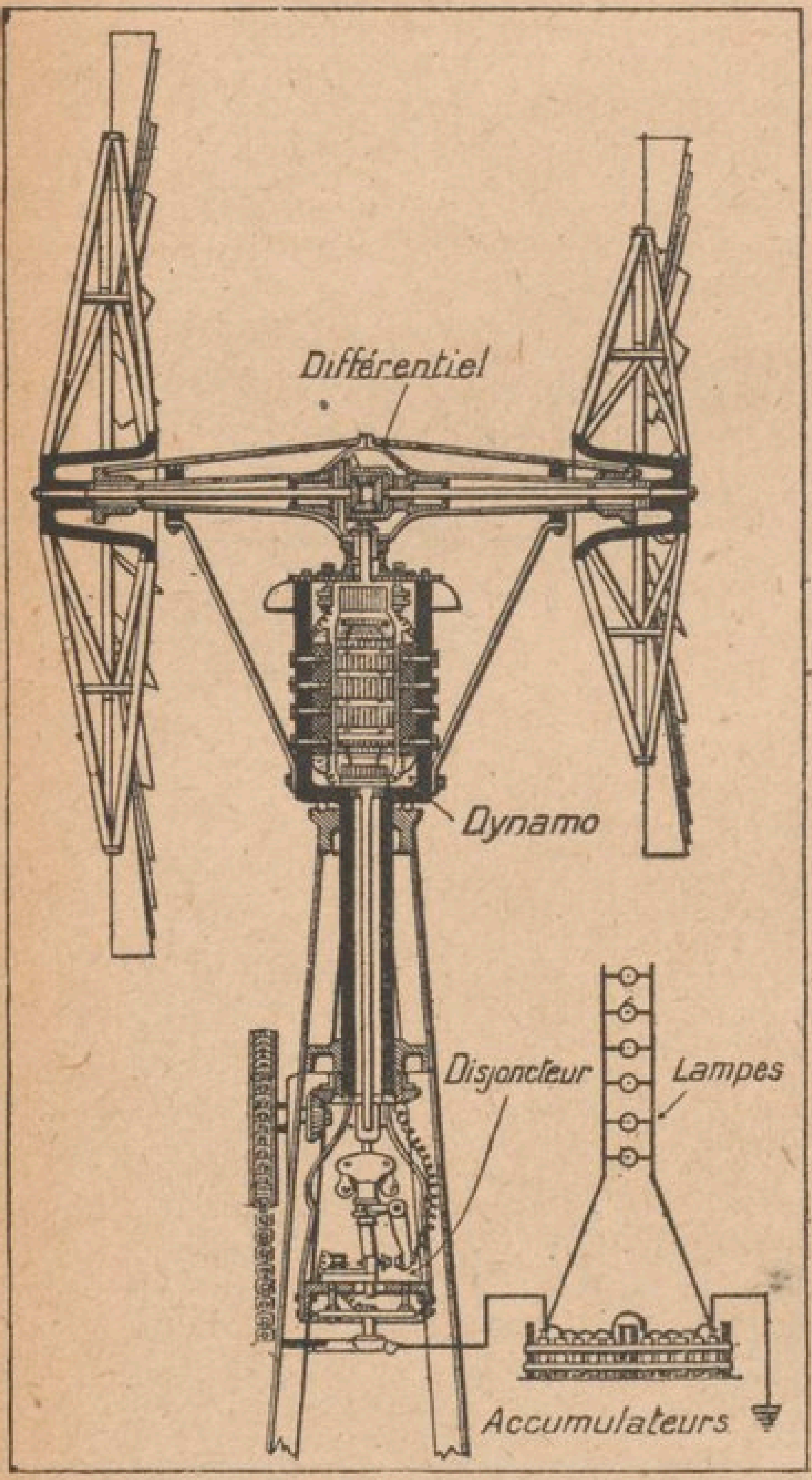


SCHÉMA DE MONTAGE DU MOTEUR A VENT SYSTÈME MULRONY A DEUX ROUES MOTRICES

La dynamo, qui est directement branchée sur le différentiel, produit de l'électricité dès que les roues se mettent en mouvement; ce courant est envoyé dans une batterie tampon, puis à des accumulateurs.

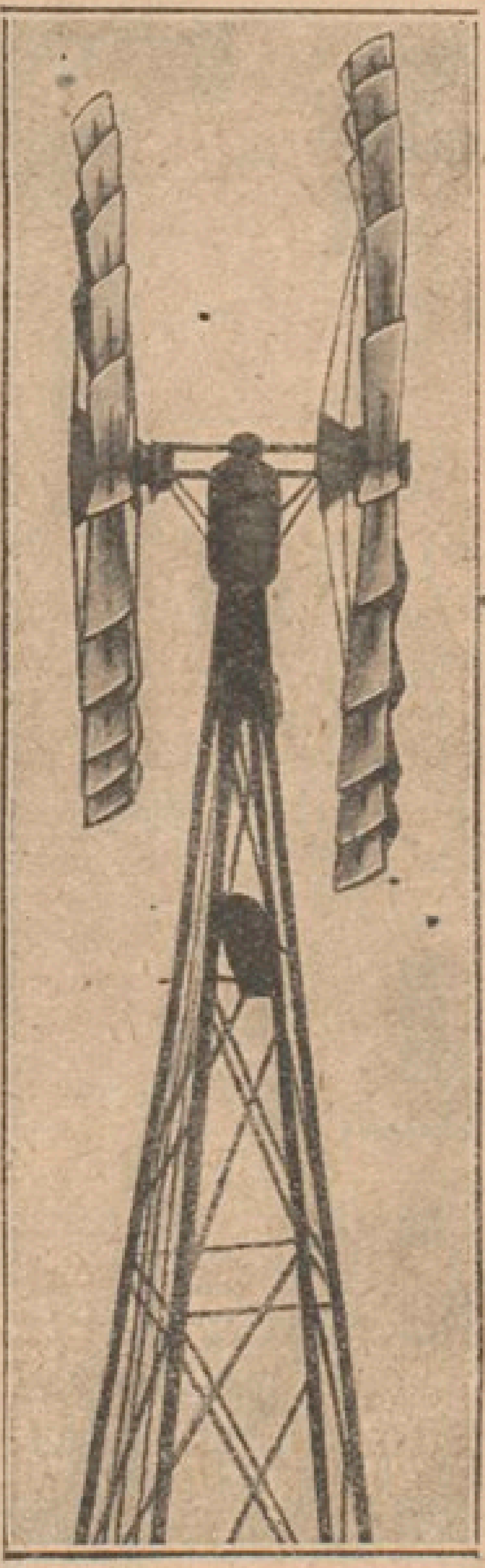
tement une certaine quantité d'électricité. Cette électricité est envoyée dans une première batterie ; quand celle-ci est complètement chargée, le courant est déversé dans une suivante, et ainsi de suite. Si le vent vient à tomber et que la machine s'arrête, un disjoncteur coupe le courant entre la dynamo et les accumulateurs. Toutes les phases de l'opération sont absolument automatiques. La machine a fonctionné pendant six mois sans qu'il ait été nécessaire d'y toucher pour réparations ou entretien.

L'utilisation du vent pour assurer le fonctionnement d'une dynamo est donc véritablement pratique; les expériences de M. Mulrony l'ont prouvé d'une façon péremptoire.

A-t-on cependant atteint la perfection dans le principe et la forme des moulins à vent tels qu'ils sont couramment employés? Certains ne le pensent pas et parmi ceux-là, M. J. Costes a cherché à obtenir une meilleure utilisation de la force du vent en imaginant un moulin dont le principe est totalement différent de ceux que nous avons examinés jusqu'ici. L'originalité la plus remarquable de cette nouvelle machine réside dans le principe de son fonctionnement, qui constitue un véritable paradoxe anémométrique.

On sait que dans les bateaux à voiles, les moulins à vent de tous systèmes, les aéroplanes, les cerfs-volants, etc... on utilise la réaction du vent sur une surface inclinée, convenablement guidée, de façon à obtenir un déplacement de cette surface à peu près perpendiculaire au vent. Si le vent change diamétralement de direction, la surface est poussée dans le sens opposé. Si l'on veut, par exemple, au moyen d'un bateau à voiles, aller toujours dans la même direction, malgré la *saute* de vent, il faut, de toute nécessité, semble-t-il, changer l'inclinaison des voiles. C'est, en effet, ce que font toujours les marins.

Considérons maintenant une sorte de manège de chevaux de bois (voir la figure à la page 454), muni d'ailes ou de voiles *A B*, destinées à utiliser la pression du vent pour le faire tourner. Quel que soit le côté d'où vienne le vent, celui-ci tendra à faire tourner le manège dans le sens *X*, c'est-à-dire de droite à gauche. Il frappera l'aile au point *V*, mais quand il sortira du manège, à l'extrémité *V'* opposée à celle où il est entré, il déterminera un effet inverse qui annulera en partie le résultat acquis par son action première. Une solution, très simple en théorie, consisterait à munir le manège d'ailes mobiles, comme les voiles des navires, mais pour assurer au dispositif l'automaticité nécessaire les difficultés de réalisation sur-



VUE DE COTÉ D'UN MOTEUR A VENT MULRONY, A DEUX ROUES

gissent trop nombreuses et ont empêché l'adoption de ce procédé perfectionné.

Le problème consistait donc à trouver une surface de forme particulière, qui détermine une réaction de même sens, en dépit précisément des directions opposées du vent qui vient frapper la surface.

M. Costes a réalisé ce paradoxe ; il s'est servi pour cela d'une aile constituée par une série de petites lames de persienne, disposées de telle sorte que le passage du vent sur ces lames détermine aussi bien à l'avant qu'à l'arrière de l'aile une réaction qui tend à déplacer celle-ci toujours dans le même sens. Sur l'appareil qu'il a construit, M. J. Costes a groupé plusieurs séries de lames dont la réunion autour de deux cercles superposés forme une sorte de grande roue. Le vent entrant dans cette roue tend à la déplacer de droite à gauche, puis, après l'avoir traversée, agit de nouveau et dans *le même sens* sur la série de lames qu'il rencontre en sortant de la roue. On utilise donc deux fois le vent, ce qui augmente sensiblement la puissance développée et cette utilisation se fait sur presque toute la largeur de la roue. La forme de chaque lame permet également une meilleure utilisation des extrémités latérales de cette machine à vent.

Disposé sur un axe vertical, l'appareil reçoit le vent en un point quelconque de son pourtour, suivant la direction du vent. Il n'a donc pas à être orienté, ce qui réduit sensiblement le prix de revient et évite la complication, la fragilité et l'entretien d'un mécanisme d'orientation toujours délicat.

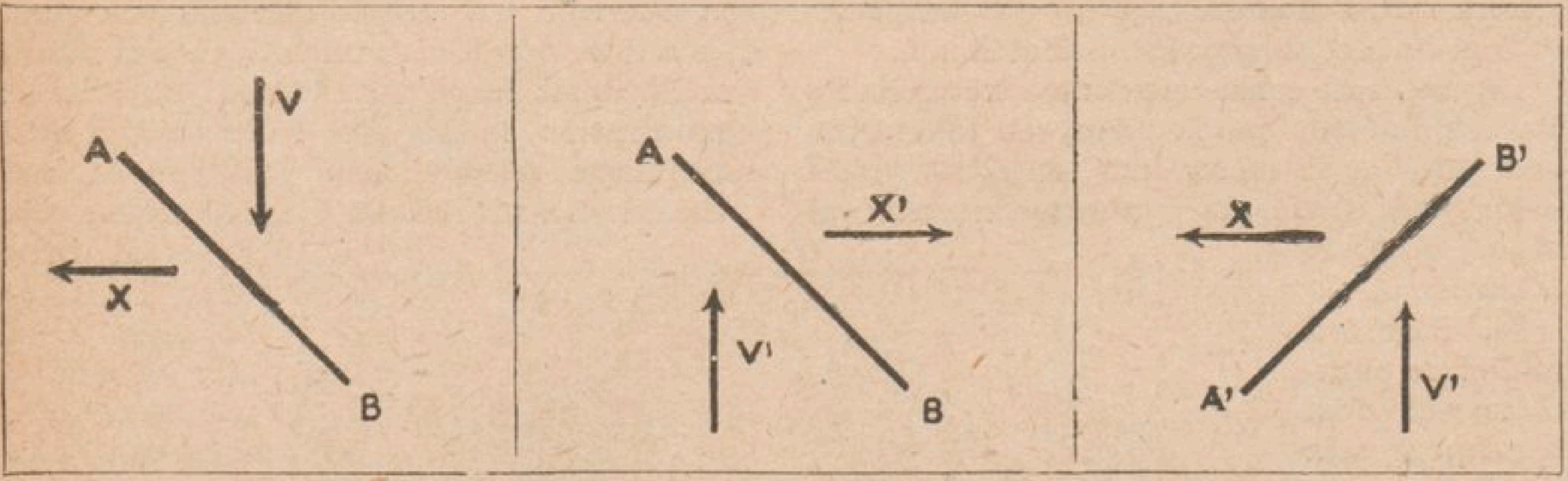
LES DEUX ROUES RÉCEPTRICES DE LA MACHINE

L'effort d'une roue s'ajoute à celui de l'autre pour s'exercer sur l'arbre de la dynamo. La seconde roue, plus petite que la première, contribue en outre, à maintenir l'ensemble face au vent.

La partie mobile du moulin forme une sorte de bloc dont la construction peut être établie si solidement que, sans porte-à-faux, par conséquent sans chocs ni vibrations, elle défie les vents les plus violents. On peut donc laisser travailler la machine, loin de toute surveillance, et lui faire utiliser la puissance énorme des vents de tempête. Et cela, sans aucun réglage spécial, d'où une économie sensible sur le prix et l'entretien d'un mécanisme régulateur. Ce mécanisme pourrait d'ailleurs lui être ajouté sans inconvénient ; il permettrait le ralentissement ou l'immobilisation de la machine à volonté.

La roue motrice est montée sur un mât carré en bois ou en fer ; elle tourne avec ce mât. Elle peut cependant être hissée ou descendue à l'aide de câbles et de poulies, comme un lustre de cirque. Elle ne comporte qu'une seule série d'ailes, mais elle pourrait en recevoir plusieurs, à condition de les superposer pour augmenter la puissance.

Quand l'étendue du terrain est suffisante, le mât est maintenu debout à l'aide de haubans fixés au pivot du sommet. Cette dispo-



FIGURES MONTRANT COMMENT UNE VOILE UTILISE LA FORCE DU VENT

Dans le premier cas (figure de gauche), on utilise la réaction du vent V *sur une voile* A B, *de façon à obtenir une poussée dans le sens* X. *Si le vent souffle dans une direction diamétralement opposée (figure du milieu), la poussée s'exercera dans le sens contraire* X'. *Pour maintenir la poussée dans le sens* X *(figure de droite), il faut donc, de toute nécessité, changer l'inclinaison de la voile suivant le sens* A' B'.

sition économise le prix d'un pylône et permet de n'avoir pour tout mécanisme moteur que deux frottements constitués par deux pivots, l'un situé en haut du mât, l'autre en bas. Ces pivots plongent dans des crapaudines, étanches à la base, ouvertes par le haut, ce qui permet d'y conserver l'huile très longtemps. Le graissage peut, en outre, être renouvelé facilement, dès que besoin en est.

Si la machine à vent est destinée à actionner une pompe, un excentrique variable, également imaginé par M. Costes, permet de proportionner la course de la pompe, commandée par le moteur, à la vitesse de ce moteur, et, par conséquent, à la puissance du vent. Sans le secours de cet excentrique, ou bien on disposerait d'une pompe à grand débit et le moteur ne démarrerait pas par petite brise, ou bien on n'aurait recours qu'à une petite pompe et l'on n'utiliserait qu'une partie insignifiante de l'énorme puissance fournie par les grands vents.

Grâce à ces dispositifs, on est arrivé à obtenir un moteur donnant une grande puissance par rapport à son prix d'achat, qui est moitié moins élevé que celui des moulins à axe horizontal. Il est à souhaiter que l'exploitation de ce système, interrompue par la guerre, soit reprise à la fin des hostilités. Il n'est pas douteux que grâce à sa rusticité et à la simplicité de son entretien, le moteur de M. Costes est appelé à rendre de réels services aussi bien pour l'arrosage et l'irrigation des prairies que pour la production du courant électrique de force ou d'éclairage.

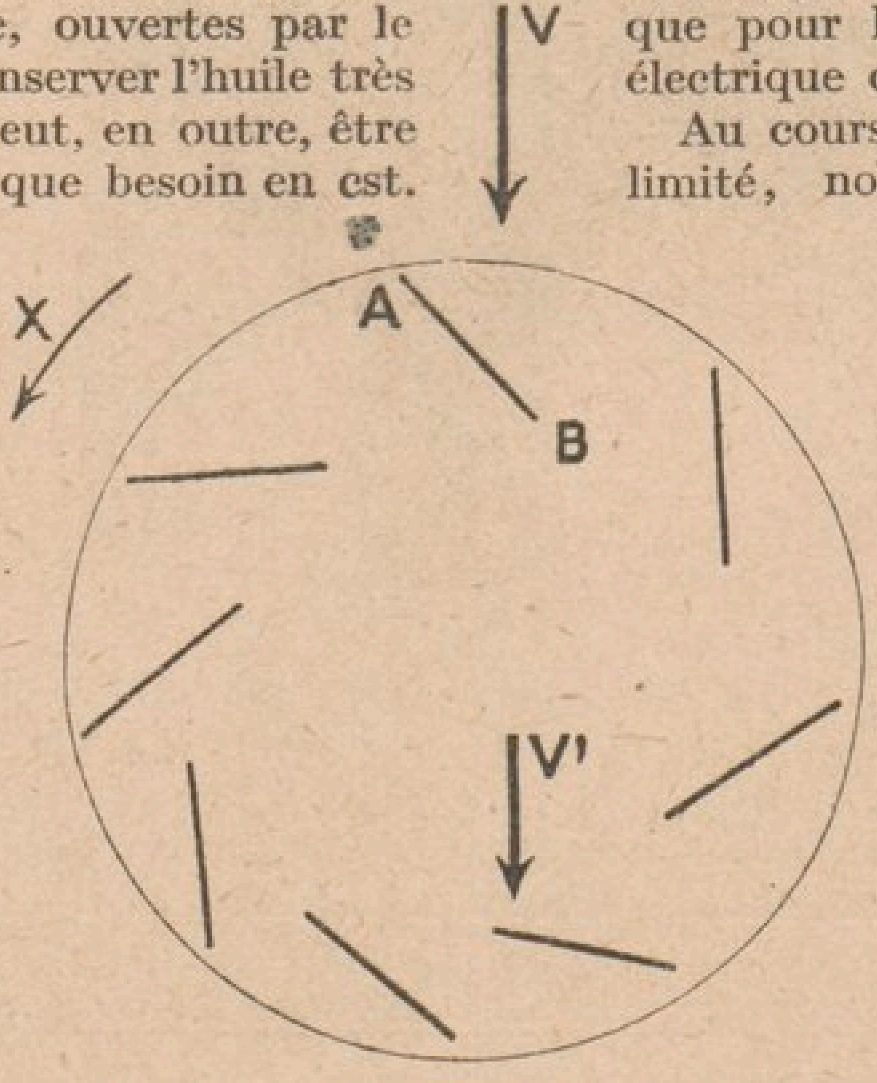


SCHÉMA D'UN MANÈGE A VENT POURVU DE HUIT AILES FIXES

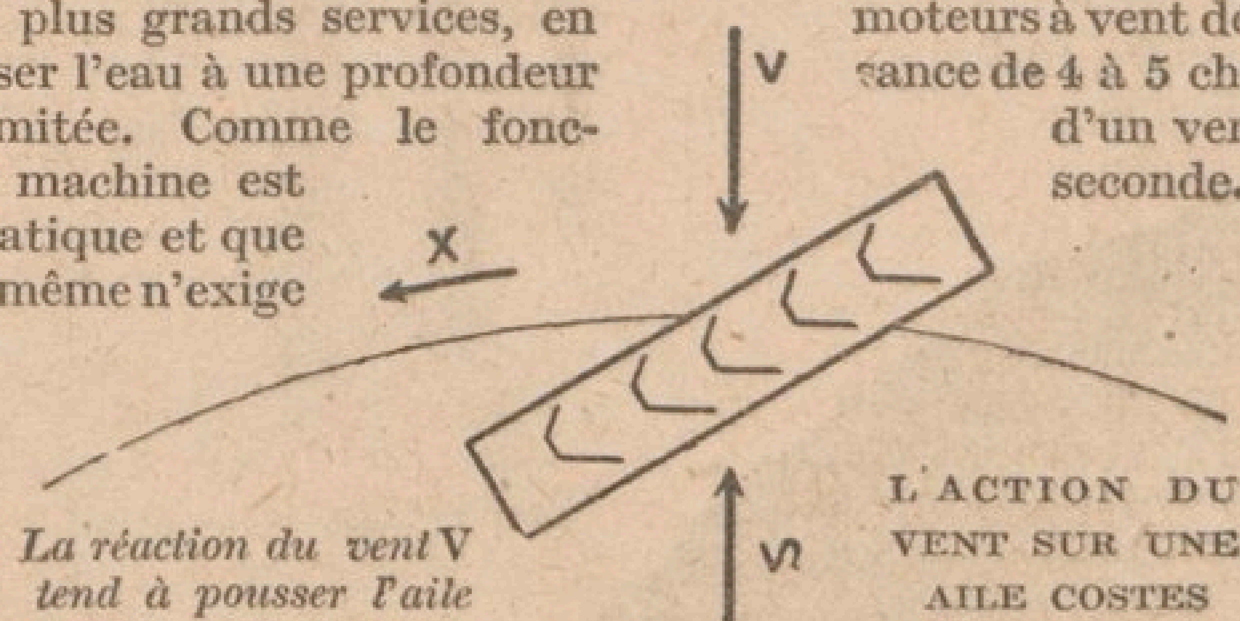
Le vent frappe la voile A B *suivant* V, *ce qui tend à déplacer le manège dans le sens* X. *Mais quand le même vent sortira du manège suivant* V', *il déterminera par cela même un effet inverse qui annulera en partie le résultat de son action première.*

Au cours de cet article, forcément limité, nous n'avons examiné que quelques types de moteurs à vent, ceux qui sont parmi les plus connus et ceux qui, récemment essayés, comportent des caractéristiques remarquables. Il y a, naturellement, d'autres modèles d'origine française ou américaine, mais ils ne diffèrent guère de ceux que nous avons décrits, si ce n'est par les détails d'exécution.

Les uns et les autres sont, en général, suffisamment perfectionnés pour que, de leur emploi, on puisse tirer de sérieux avantages économiques. L'utilisation du vent est un fait accompli depuis des siècles; il ne s'agit donc pas d'innover, mais simplement d'appliquer les connaissances acquises en ces dernières années, au développement d'une source naturelle de force motrice qui, si elle était scientifiquement organisée, serait capable de rivaliser utilement avec la houille blanche.

L'utilisation du vent paraît donc avoir un

avenir certain non pas seulement comme complément de la houille blanche, mais comme remplaçant. Aux colonies, le moteur à vent rendra les plus grands services, en permettant de puiser l'eau à une profondeur pratiquement illimitée. Comme le fonctionnement de la machine est absolument automatique et que cette machine elle-même n'exige aucune surveillance, on peut donc l'installer très loin des agglomérations sans avoir besoin de la visiter fréquemment. On assurera de cette manière la fertilisation de bien des terres jusque là restées incultes par suite des difficultés que présentait leur irrigation suffisante, faute de l'eau nécessaire.



L'ACTION DU VENT SUR UNE AILE COSTES

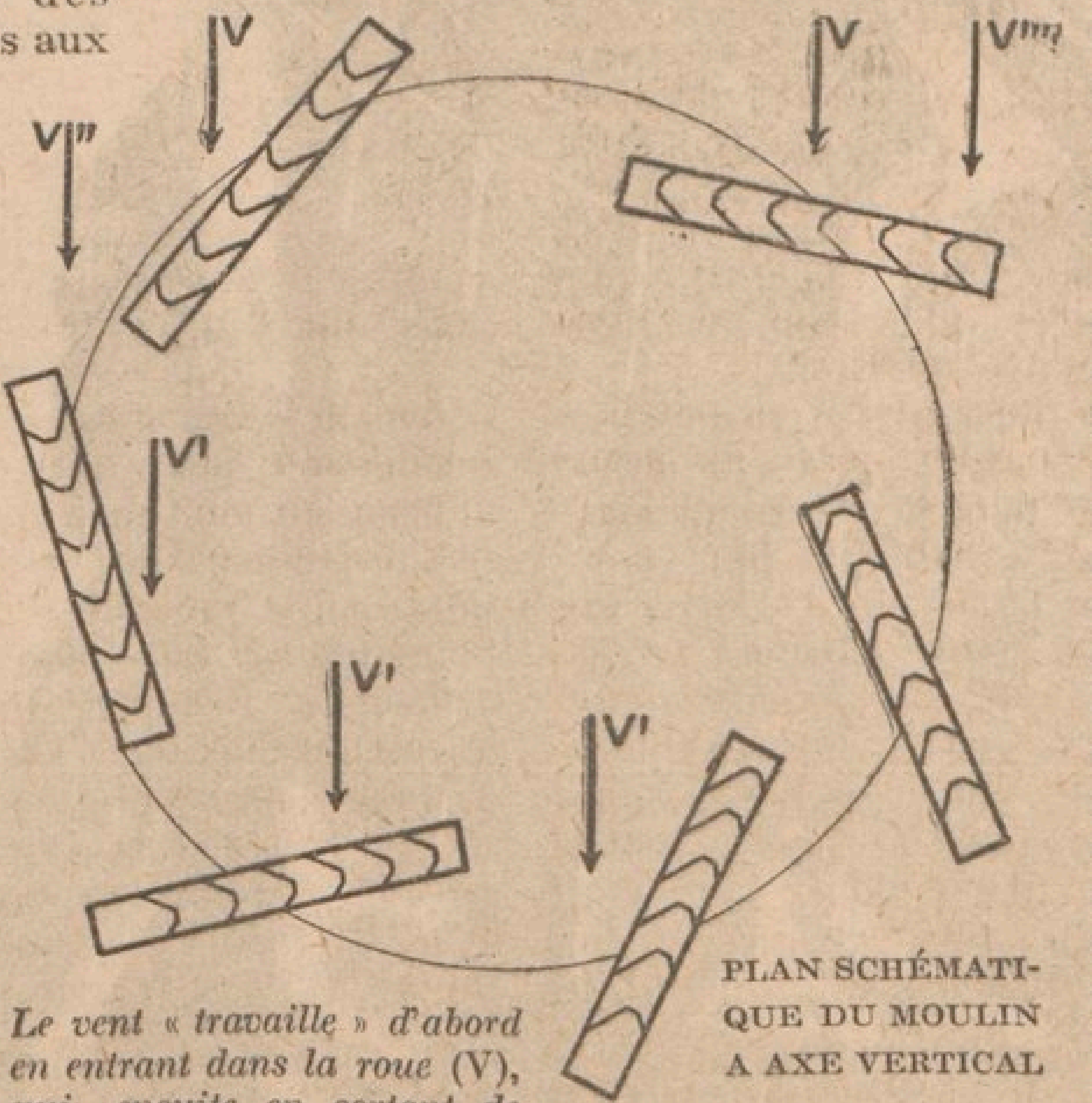
La réaction du vent V tend à pousser l'aile dans le sens X parce que le vent passe à travers les lames ; il s'échappe en V' en glissant le long de l'inclinaison générale de l'aile e la pousse encore dans le même sens X.

Aux exploitations agricoles, la force du vent convenablement appliquée sera d'un grand secours. Non seulement, elle permettra d'alimenter des réservoirs disséminés aux quatre coins d'une propriété, mais aussi d'actionner toutes les machines auxquelles a recours l'agriculture moderne, machines telles que hache-paille, cribleur, concasseur, égrénoir, etc..

En France même, au point de vue exclusivement industriel, il est permis de prévoir une utilisation tout aussi pratique de la puissance du vent, notre littoral, qui s'étend sur une longueur immense, constitue un emplacement idéal pour les moteurs à vent. Il suffira aux nombreuses industries qui, au lendemain de la guerre, s'établiront dans notre pays, d'élever leurs usines au bord de la mer, sur les côtes de la Manche, par exemple, pour être assurées d'une force motrice *à peu près constante* et d'un rendement économique incomparable.

En temps de paix, on pourra certainement établir pour 4 à 5.000 francs, des moteurs à vent développant une puissance de 4 à 5 chevaux, sous l'action d'un vent de 10 mètres à la seconde. C'est-à-dire que le prix du cheval-vapeur ne reviendra guère à plus de 1.000 francs.

Les dépenses nécessitées par le fonctionnement d'une machine à vent sont strictement limitées à l'achat de cette machine. Comme il est possible de grouper plusieurs roues réceptrices sur un même arbre moteur, ou de les employer séparément à différents usages, nous entrevoyons parfaitement l'installation d'usines assez conséquentes auxquelles la force motrice, la lumière électrique, l'élévation de l'eau, etc... seront exclusivement assurées par la puissance économique du vent.

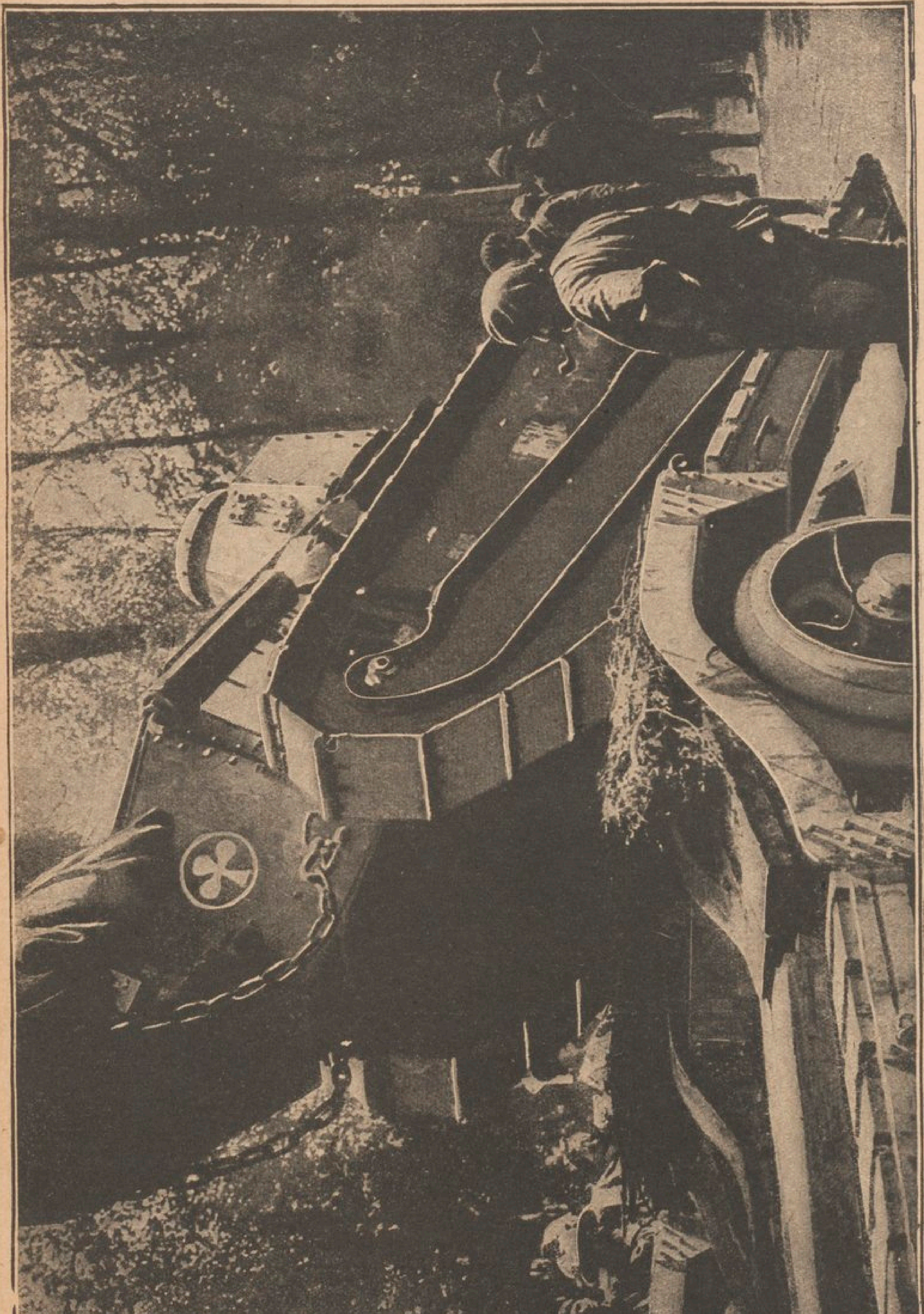


PLAN SCHÉMATIQUE DU MOULIN A AXE VERTICAL

Le vent « travaille » d'abord en entrant dans la roue (V), puis ensuite en sortant de cette même roue (V'). Toute la largeur de la machine comprise entre V'' et V'''' est également soumise à la pression du vent, ce qui assure un rendement voisin du maximum.

Le seul facteur sur lequel il faille compter est la fréquence et la vitesse du vent. En ayant soin d'installer ces usines à proximité de la mer, c'est-à-dire à un endroit où le vent souffle presque continuellement on serait à peu près sûr de disposer chaque jour de la force motrice nécessaire. Or, les régions venteuses ne manquent pas en France, où l'on n'a guère que l'embarras du choix. Enfin, il ne faut pas oublier que la captation du vent par turbines éoliennes consomme beaucoup moins de matériaux que l'aménagement d'une chute d'eau.

GÉRARD PUYRAMONT.



GRACE A SON POIDS RELATIVEMENT LÉGER, LE PETIT CHAR D'ASSAUT RENAULT PEUT ÊTRE TRANSPORTÉ PAR CAMION AUTOMOBILE

LES CHARS D'ASSAUT FRANÇAIS

Par Camille LEGRAS

DIRE que le « tank », — pour le populaire, le char d'assaut sera toujours un « tank », — dire que le tank est une nouveauté née de la guerre, n'est pas l'expression exacte de la vérité. Il y a douze ou quinze ans déjà, nous avons vu circuler lentement, très lentement, sur nos routes et dans nos campagnes, des véhicules automobiles, d'allure toute pacifique d'ailleurs, établis sur le même principe que celui qui a présidé depuis à l'établissement des chars de guerre. La motoculture, en effet, qui a besoin de tracteurs puissants, à grande adhérence au sol, pour entraîner plusieurs socs de charrue dans des terres dures et difficiles, avait employé, dans ce but, la chaîne sans fin et remplacé, ou plutôt complété les roues par la « chenille », que les Anglais dénomment *caterpillar*. C'est sur ce principe que fut établi « Crème de Menthe », le premier en date des chars d'assaut amenés par les troupes britanniques sur le front français. L'image et le cinéma l'eurent bientôt popularisé et les services qu'il a rendus ont confirmé l'indiscutable utilité de cet engin de guerre formidable, de cette forteresse mouvante qui, à l'abri de la balle, se rit des défenses derrière lesquelles s'abritent la mitrailleuse et l'infanterie, et écrase, sans avoir l'air d'y toucher, les barrières qu'on lui oppose et les retranchements bétonnés.

Dès 1915, le colonel Estienne, devenu depuis général, commandant l'artillerie d'assaut, pressentait déjà les services qu'elle pourrait rendre et écrivait au général en chef une lettre dans laquelle il disait : « Je

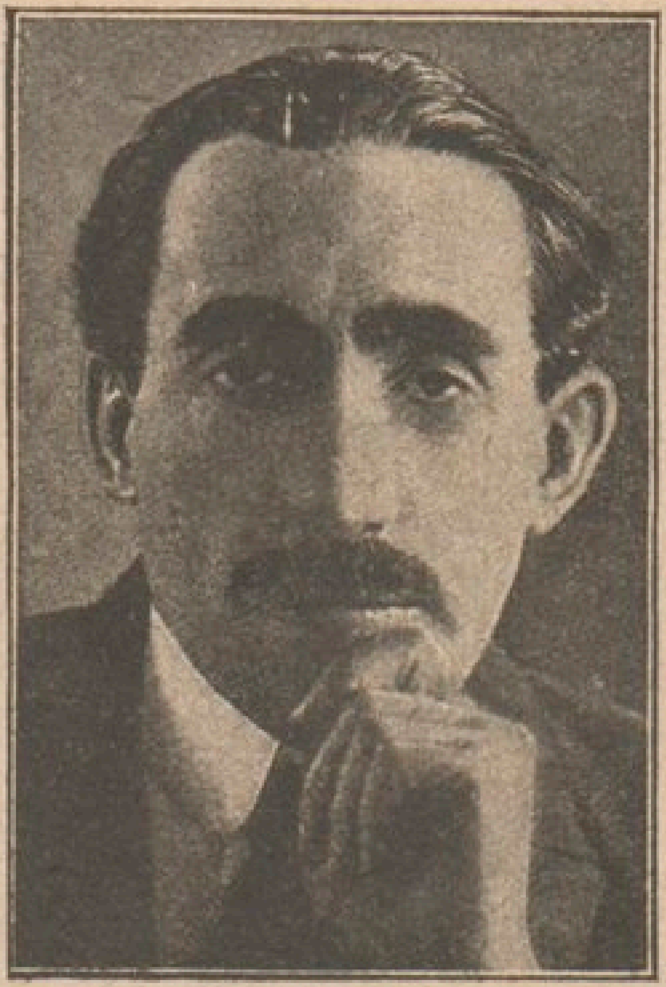
LE CHAR D'ASSAUT DES FORGES ET ACIÉRIES DE LA MARINE

Lourd et puissamment armé, le « Saint-Chamond » peut, rien que par son propre poids, renverser des obstacles paraissant insurmontables et réduire les abris fortement bétonnés.

regarde comme possible la réalisation de véhicules à tracteurs mécaniques permettant de transporter, à travers tous les obstacles et sous le feu, à une vitesse supérieure à six kilomètres à l'heure, de l'infanterie et du canon. » Mais il y a loin de la coupe aux lèvres, et, bien que l'idée ait paru séduisante au général Pétain, ce furent les ingénieurs anglais qui, les premiers, la réalisèrent. Le lieutenant-colonel Hankey et le colonel James S. Winton présentèrent un projet que M. Tennyson d'Enicourt, directeur des constructions navales anglaises, mit au point et fit exécuter. Le secret de la fabrication fut admirablement gardé ; les ouvriers qui travaillaient aux parties détachées du monstre croyaient, comme on le leur avait dit, fabriquer des réservoirs à eau pour la flotte, d'où le nom de « tank », qui signifie réservoir dans la langue anglaise.

LE GÉNÉRAL ESTIENNE
Directeur général de l'artillerie d'assaut.

Ce furent de véritables forteresses roulantes. On leur donna la forme d'un parallélogramme, afin que, quelle que soit l'inclinaison du véhicule, plongeant dans un entonnoir de mine ou remontant un talus, il y ait toujours une bonne partie de la chenille en contact avec le sol. Et, pour cette même raison, on les fit grands, longs et hauts pour pouvoir franchir tous les obstacles, larges ou profonds. Ces dimensions permirent aussi de loger un équipage relativement nombreux et nécessaire pour servir canons et mitrailleuses dont le char était armé. Etant grand, il était lourd en conséquence, autre avantage qui lui permettait d'écraser tout sur son passage. Aussi l'effet fut-il foudroyant dès son apparition sur le champ de bataille. C'est grâce à ses « tanks » que le général Byng, qui avait pu en dissimuler aux Allemands la grande quantité massée sur son front d'attaque, obtint le succès immédiat qu'il remporta, en 1917, devant Cambrai où il franchit victorieusement, en moins de vingt-quatre heures, les formidables retranchements de la fameuse ligne Hindenburg.



M. LOUIS RENAULT
Constructeur des chars légers d'assaut.

Mais les meilleures qualités sont quelquefois, suivant les circonstances, des défauts. La marche des tanks anglais est en raison de leur poids ; ils ne se déplacent que très lentement. Il est donc impossible, à moins d'en disposer d'une très grande quantité, de les transporter d'un point à un autre et aussi de dérober aux yeux de l'aviation ennemie ces importants déplacements. Et ce fut, justement, cet inconvénient de l'arme nouvelle qui frappa l'état-major allemand, si bien que, pendant longtemps, il ne voulut pas en reconnaître les avantages et laissa passer des mois avant d'en sortir un modèle qui n'est, d'ailleurs, qu'une mauvaise copie de l'engin britannique dont quelques spécimens, gravement atteints, étaient restés captifs dans les lignes ennemies.

Naturellement, il fit colossal. Le char d'assaut allemand pèse 35 tonnes et est actionné par deux moteurs de 100 chevaux. Son équipage est de 18 hommes ; son armement comporte, à l'avant, deux mitrailleuses et un canon de 57 millimètres, et, à l'arrière, quatre mitrailleuses. Son poids et ses dimensions le rendent peu maniable et son plancher, beaucoup trop bas, l'empêche d'évoluer facilement. Il n'a, d'ailleurs, pas beaucoup brillé dans les quelques combats où il s'est montré.

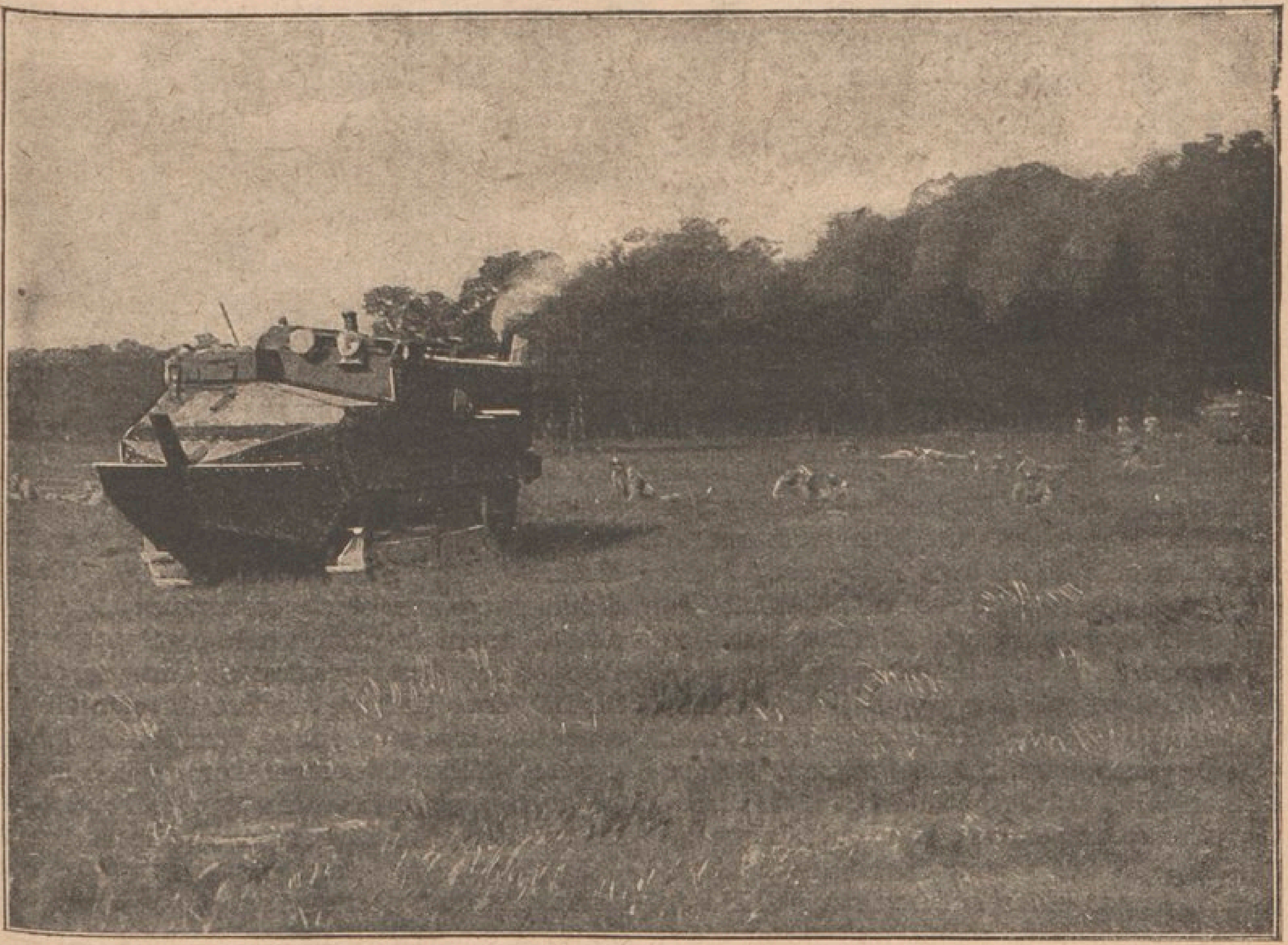
Dans l'évolution qu'a subie la fabrication des chars d'assaut, il est un fait à noter : c'est que, à l'encontre de ce qui se passe dans l'industrie, où l'on procède généralement du plus petit au plus grand, (les paquebots, les locomotives, les canons, par exemple, ne cessant d'accroître leurs dimensions et leur puissance), le char d'assaut a réduit, à chaque nouveau modèle construit, son poids et ses dimensions. Il y a gagné une plus grande maniabilité, une plus grande facilité de trans-

port, tout en conservant sa redoutable puissance d'offensive et son invulnérabilité.

Les usines Schneider, du Creusot, et les Forges et Aciéries de la Marine, de Saint-Chamond, ont sorti les premiers chars français. Les « Saint-Chamond », moins grands que les tanks anglais, tiennent encore néanmoins de la forteresse roulante ; ils pèsent 23 tonnes, sont armés d'un canon de 75 et de 4 mitrailleuses et comportent un équipage de huit hommes. Le mouvement leur est fourni par un important groupe de dynamos électriques qui actionnent un puissant moteur mécanique fonctionnant en liaison.

Le modèle « Schneider », plus petit, actionné par un moteur à explosions, ne pèse que 13 tonnes ; il est armé de deux mitrailleuses et d'un canon de 75 court ; son équipage, moins important, est de six hommes.

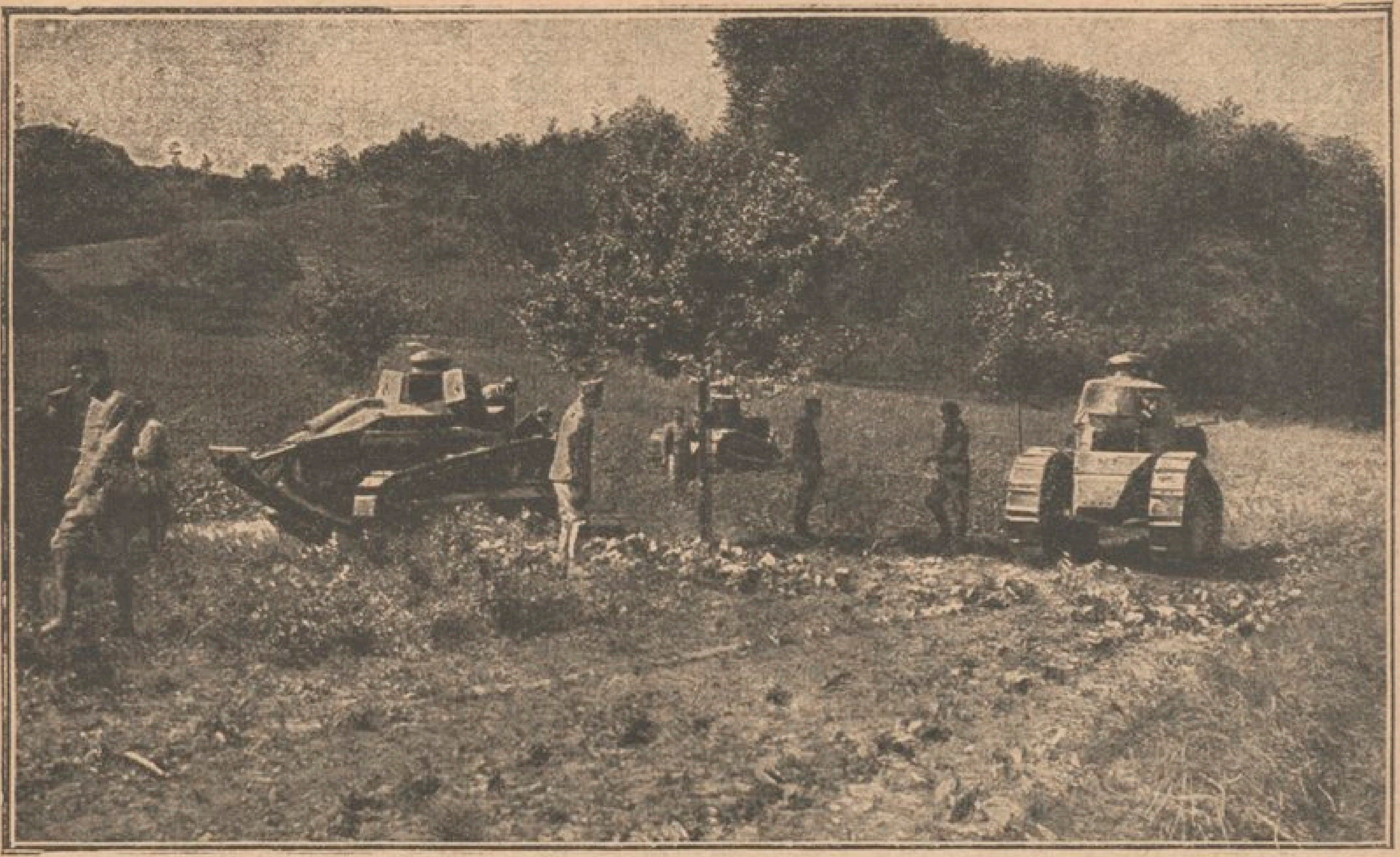
C'est en avril 1917, sur l'Aisne, à l'attaque du Chemin des Dames, que la nouvelle arme fit ses débuts. « Elle fut mal employée, écrivait quelques jours avant d'être tué sur ce même front, M. Abel Ferry, membre de la commission de l'armée. Les chars d'assaut y furent concentrés, dans les plaines de Juvincourt, à la face de l'ennemi, et jetés sans secret ni surprise sous la gueule d'une formidable artillerie à peine contrebattue. Les pertes furent, pour l'artillerie d'assaut, considérables, mais le plus grave fut la défaveur dans laquelle tomba cette arme ; sa croissance en fut comme arrêtée brusquement ». La sortie du petit char « Renault », celui qui, depuis les offensives et contre-offensives du printemps, joue avec succès les grands premiers rôles sur nos fronts, en fut malheureusement retardée de près d'un an.



LE TANK SCHNEIDER PRÉCÉDANT DES TIRAILLEURS MARCHANT A L'ASSAUT
L'avant de ce redoutable engin est muni d'un bec qui lui permet de prendre appui sur le sol quand il franchit une tranchée.

Les premiers dessins de ce modèle, conçu par M. Louis Renault et le général Estienne, datent du mois d'octobre 1916 ; en mars 1917, on commença les essais, et quand il fallut passer à l'exécution en séries, la livraison des matières premières nécessaires à la construction fut entravée, retardée. On n'avait, paraît-il, pas la foi au ministère de l'Armement, si bien que ce ne fut qu'en mai 1918 que les premiers groupes purent entrer en ligne et faciliter nos victoires.

La principale qualité du petit char ima-



CHARS LÉGERS D'ASSAUT QUELQUES HEURES AVANT L'ATTAQUE

Les engins qui vont partir au combat se groupent dans un repli de terrain, à l'abri d'un bois.

giné et construit par M. Louis Renault est sa légèreté. Nous avons dit plus haut que la marche trop lente des tanks s'opposait à des déplacements rapides et qu'il fallait de longues heures pour amener les lourds engins d'un point du front à un autre point plus ou moins éloigné où leur appui pourrait être utile. Il était donc intéressant, avant tout, de créer un appareil facile à transporter sur camions automobiles, afin de pouvoir l'amener rapidement en un point quelconque de l'action. Il fallait, pour obtenir ce résultat, lui donner un poids relativement faible et un encombrement réduit et, néanmoins, qu'il fût bien défendu, donc muni de blindages résistant aux balles et aux éclats d'obus.

Pour réaliser ces deux conditions, on fut amené à construire un char dont l'équipage serait réduit à deux hommes, le conducteur et le mitrailleur, celui-ci se tenant à peu près debout, simplement soutenu par une sangle sur laquelle il est à moitié assis, et pouvant ainsi manier son arme et la diriger sur tous les points de l'horizon grâce à la mobilité de la tourelle autour de son axe ; celui-là, tout à fait à l'avant, assis au milieu de ses leviers de manœuvre et regardant à travers de petites fentes de visée ménagées dans les parois du blindage. De cette façon, la carcasse étant réduite au minimum de dimensions, 6 mètres de longueur sur 2 de largeur, le poids total de l'appareil put ne pas dépasser six tonnes, charge que peut supporter aisément un camion automobile. C'est, d'ailleurs, par ses propres moyens, que le char d'assaut se place sur le camion qui va l'emporter. Deux madriers, formant plan incliné, sont fixés à l'arrière du camion et reposent sur le sol. Le char, venant en marche arrière, s'élève lentement sur ces madriers et vient se poser lui-même sur les longerons du camion où des crampons le retiennent.

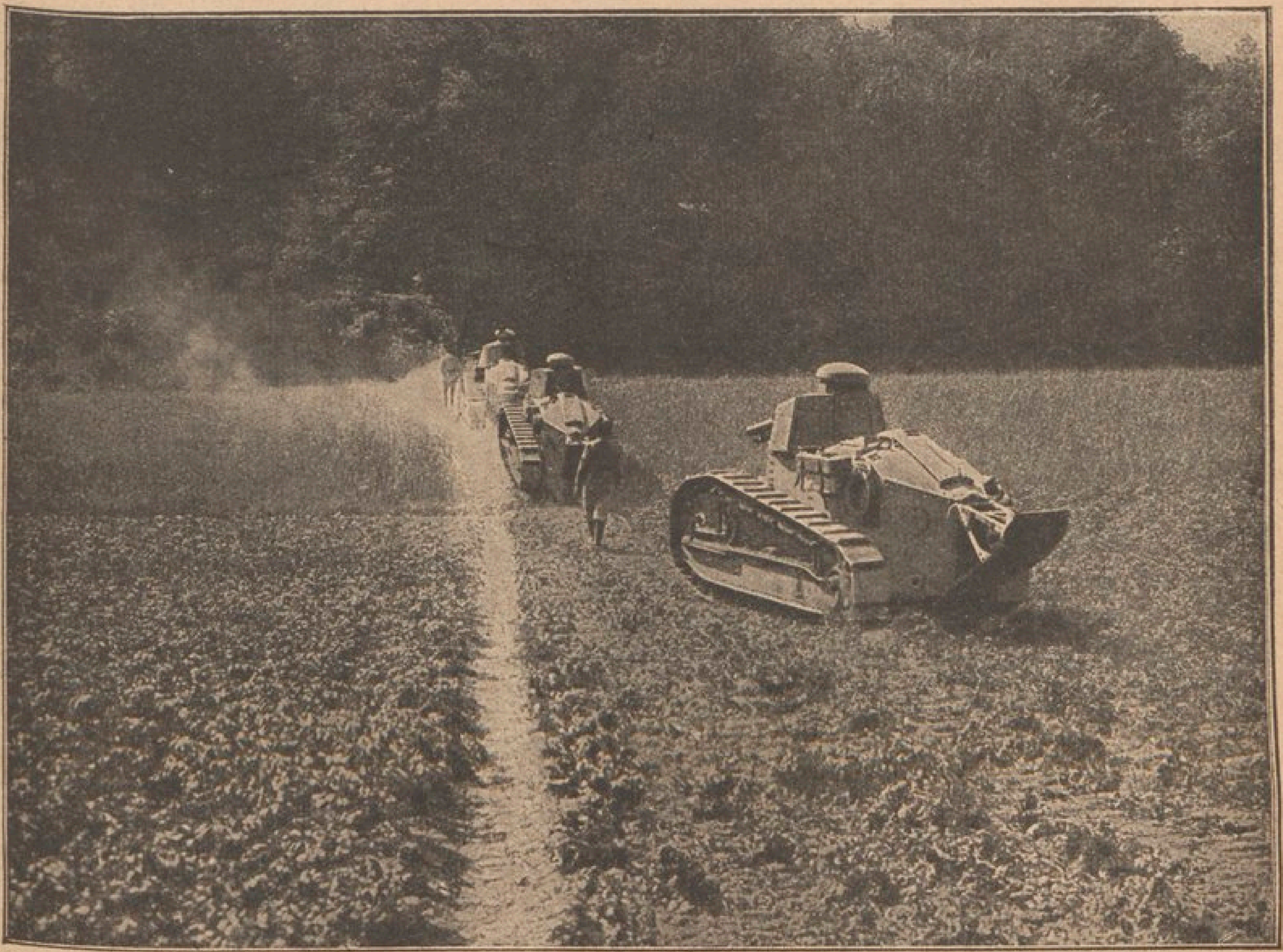
L'intérieur du char est donc divisé en deux parties : celle d'avant, réservée à l'équipage ; celle d'arrière, occupée par les organes moteurs et de transmission. Rien de nouveau n'a été apporté dans le mécanisme ; c'est toujours, comme dans les voitures de tourisme, un moteur, un embrayage et un changement de vitesses. Le moteur est le moteur des 18 chevaux Renault, 4 cylindres 95×160. Les vitesses sont au nombre de quatre et une marche arrière, permettant à l'appareil de se déplacer à raison de 800 mètres à l'heure jusqu'à 8 kilomètres. Pour obtenir ces grandes réductions de vitesse, plusieurs engrenages démultiplicateurs sont interposés entre les « barbotins », pignons sur lesquels engrènent les chenilles, et les embrayages latéraux qui les commandent. Ces transmissions sont, d'ailleurs, les mêmes que celles employées

sur les tracteurs agricoles munis de chaînes sans fin formant rails. La direction s'obtient, chez celui-là comme chez ceux-ci, en immobilisant la chaîne située du côté vers lequel on veut se diriger : la chaîne du côté opposé entraînant seule le véhicule et le faisant virer sur place. De même qu'un tracteur agricole peut virer autour d'un cep de vigne, de même le char d'assaut peut virer dans un cercle parfait de petit rayon dont le milieu de la chenille immobilisé marque le centre

Légèreté, grande maniabilité, facilité extrême d'évolution, voilà les trois qualités primordiales du char Renault, qui, malheureusement, ne comporte pas tout le confortable d'une limousine. On y est à l'étroit ; on y est cahoté et secoué au point qu'on a dû matelasser les parois intérieures. On y a chaud comme dans tout vase clos et on y respire bien un peu un air vicié par les gaz d'échappement du moteur, l'huile brûlée, les gaz de la mitrailleuse ou du canon. Toutefois, un ventilateur spécial est installé de manière à permettre le refroidissement du moteur et l'aération de l'appareil. Ce ventilateur débite un volume d'air suffisant pour pouvoir remplacer le cube d'air du poste d'équipage toutes les deux minutes. Ainsi, à n'importe quel moment du combat, par n'importe quelle température, les hommes ne sont jamais trop incommodés par la chaleur ni par les gaz provenant du tir.

Pour amortir les secousses nombreuses et brusques, surtout en franchissant des obstacles difficiles qui donnent parfois à l'appareil une inclinaison de plus de 60° d'où il retombe de tout son poids, on a apporté un soin tout spécial à la disposition des chaînes, dans le but de donner au char une grande souplesse lui permettant de passer à une vitesse élevée dans les terrains les plus variés sans avoir justement à trop souffrir de ces secousses successives, capables d'entraîner la déformation de l'engin.

Abandonnant donc les chenilles non prenantes et les avant-becs qui avaient été prévus pour le passage des tranchées dans un type antérieur, on imagina une chenille passant à l'avant sur une roue de grande dimension et très résistante, capable d'abattre les réseaux de fil de fer, de grimper sur les obstacles et qui permettait au char de rouler



GROUPE DE CHARS LÉGERS D'ASSAUT REVENANT D'UNE ATTAQUE

Leurs dimensions réduites leur permettent de se dissimuler aux regards de l'ennemi derrière le plus petit rideau d'arbres et d'agir ainsi la plupart du temps par surprise.

sur son nez s'il tombait dans un trou d'obus. On trouva, en outre, le moyen de munir ce système de roues et de chaînes de suspension destinées à amortir les chocs trop violents.

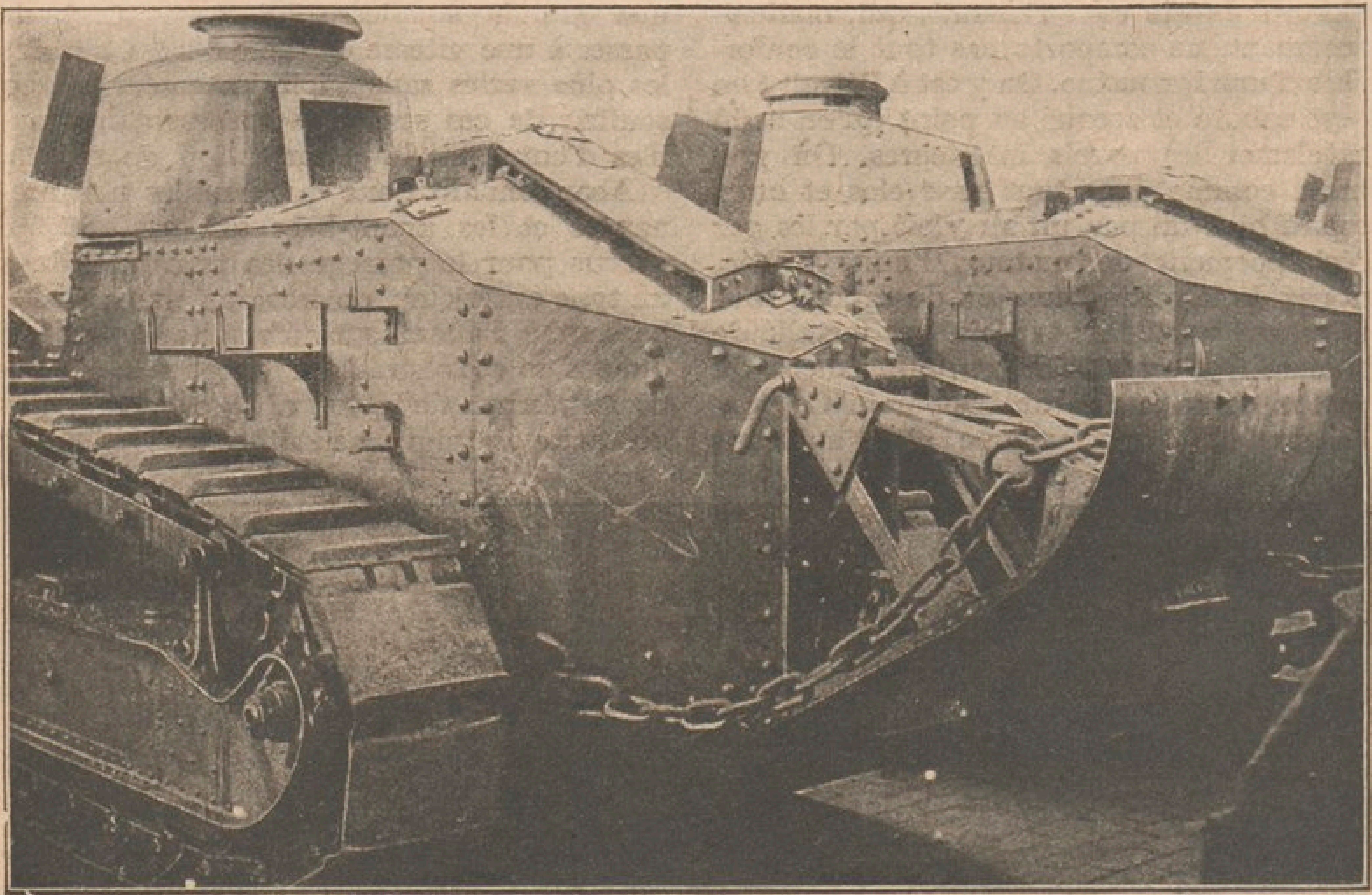
Pour atteindre ce résultat, les chaînes furent montées sur deux poutres, articulées sur l'essieu arrière qui, lui, n'est pas suspendu, et reposant à l'avant sur un simple support muni d'un puissant ressort à boudin amortisseur. Ces poutres portent à leur partie inférieure les galets de roulement du char, montés sur de grands ressorts à lames très souples, tout à fait semblables à ceux des voitures. Le dispositif du montage des chaînes est complété par un système de tension automatique qui absorbe les allongements provenant de l'affaissement des ressorts lors du passage d'obstacles exceptionnellement durs, ou de toute autre circonstance.

Cet ensemble renouvelle ainsi la formule qui fit le succès des bandages pneumatiques et qui se résume dans la phrase fameuse de la réclame Michelin : « Boire l'obstacle ».

En effet, l'appareil, monté sur ses deux poutres articulées, peut aborder les obstacles de front et marcher sur n'importe quel terrain, puisque les poutres peuvent se placer à des niveaux tout à fait différents. D'autre part, quand la machine franchit un obstacle, un tronc d'arbre, par exemple, elle se cabre et retombe ensuite d'une assez grande hauteur quand l'obstacle est passé. Mais la suspension des deux poutres permet à ce moment d'absorber le choc sans détériorer l'appareil.

Nous avons dit plus haut que le char léger pouvait se cabrer sous un très grand angle et gravir les rampes les plus dures. Cette faculté est telle qu'elle n'a, comme limite, en quelque sorte, que l'adhérence de la chaîne au sol et qu'on a dû munir l'arrière de l'appareil d'un solide appendice métallique, destiné à empêcher le renversement total. A cet appendice sont fixées deux solides chaînes qui permettent de remorquer un camarade blessé ou de ramener dans nos lignes les trophées conquis sur l'ennemi.

Devant la nécessité de recruter un grand nombre de conducteurs, il y avait intérêt à rendre la manœuvre du char semblable à celle d'un camion ou d'une automobile. Cet engin se manœuvre avec les mêmes pédales, les mêmes freins d'embrayage, les mêmes changements de vitesse qu'une voiture ordinaire. Il se dirige à l'aide de deux leviers symétriques dont la manœuvre correspond à celle du volant. Un homme habitué à la



LE CHAR D'ASSAUT PEUT GRAVIR LES PENTES LES PLUS RAIDES

A cet effet, il est muni à l'arrière d'une armature rigide qui le met à l'abri d'un renversement complet.

voiture peut, en très peu de temps, piloter un char comme il conduirait une limousine.

Telles sont donc les particularités de ce véhicule à chenilles qui porte le nom de « char léger ». Sauf le principe de la chenille, il diffère absolument de tous les autres chars et tanks et par sa dimension et par sa vitesse, et par sa force même, par la suspension des chenilles, et par la disposition intérieure de l'appareil où le mécanicien est complètement séparé de la partie motrice, enfin par la tourelle, qui permet au mitrailleur canonnier de tirer dans toutes les directions.

Une des difficultés du char d'assaut pendant le combat, alors que la vision est rendue très pénible par la fumée et la poussière, est d'assurer le service des liaisons. Les chars doivent, en effet, rester en liaison constante entre eux, avec leur commandement, avec l'infanterie, avec l'artillerie, avec l'aviation et même avec les ballons d'observation. Ces différentes liaisons sont ingénieusement assurées par signaux, par pigeons voyageurs, par télégraphie sans fil, ainsi même que par des « agents de liaison » ordinaires d'infanterie.

Les hauts faits accomplis déjà, les services rendus par les chars d'assaut et leurs équipages, véritables canons d'accompagnement, mobiles et protégés, ont été hautement reconnus et proclamés dans l'ordre adressé par le général Pétain à cette arme nouvelle :

« Depuis le début d'avril, l'artillerie d'assaut vient d'affirmer, en trente combats et deux batailles rangées, sa valeur offensive.

« Ratifiant le suffrage unanime de l'infanterie qui fit, dès le premier jour, à ses frères d'armes, une part de gloire dont ils garderont la fierté, le commandant en chef leur adresse à tous ses plus chaudes félicitations.

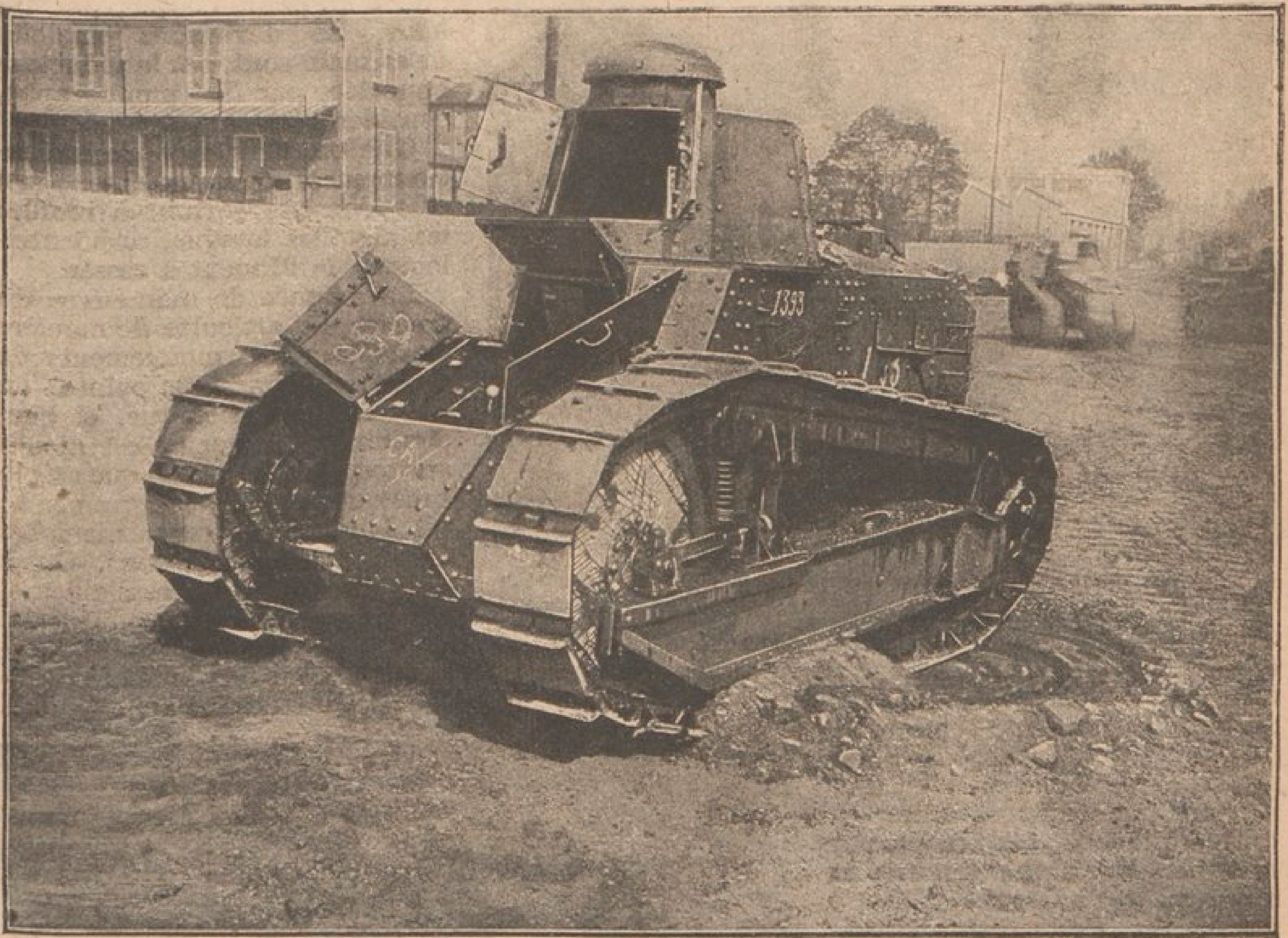
« Equipages des chars qui, après avoir puissamment contribué à arrêter l'ennemi, l'avez rompu au 11 juin et au 18 juillet ;

« Ingénieurs qui avez conçu et mis au point les engins de victoire ;

« Ouvriers de l'usine qui les avez réalisés ;

« Ouvriers du front qui les avez entretenus, vous avez bien mérité de la Patrie. »

CAMILLE LEGRAS.

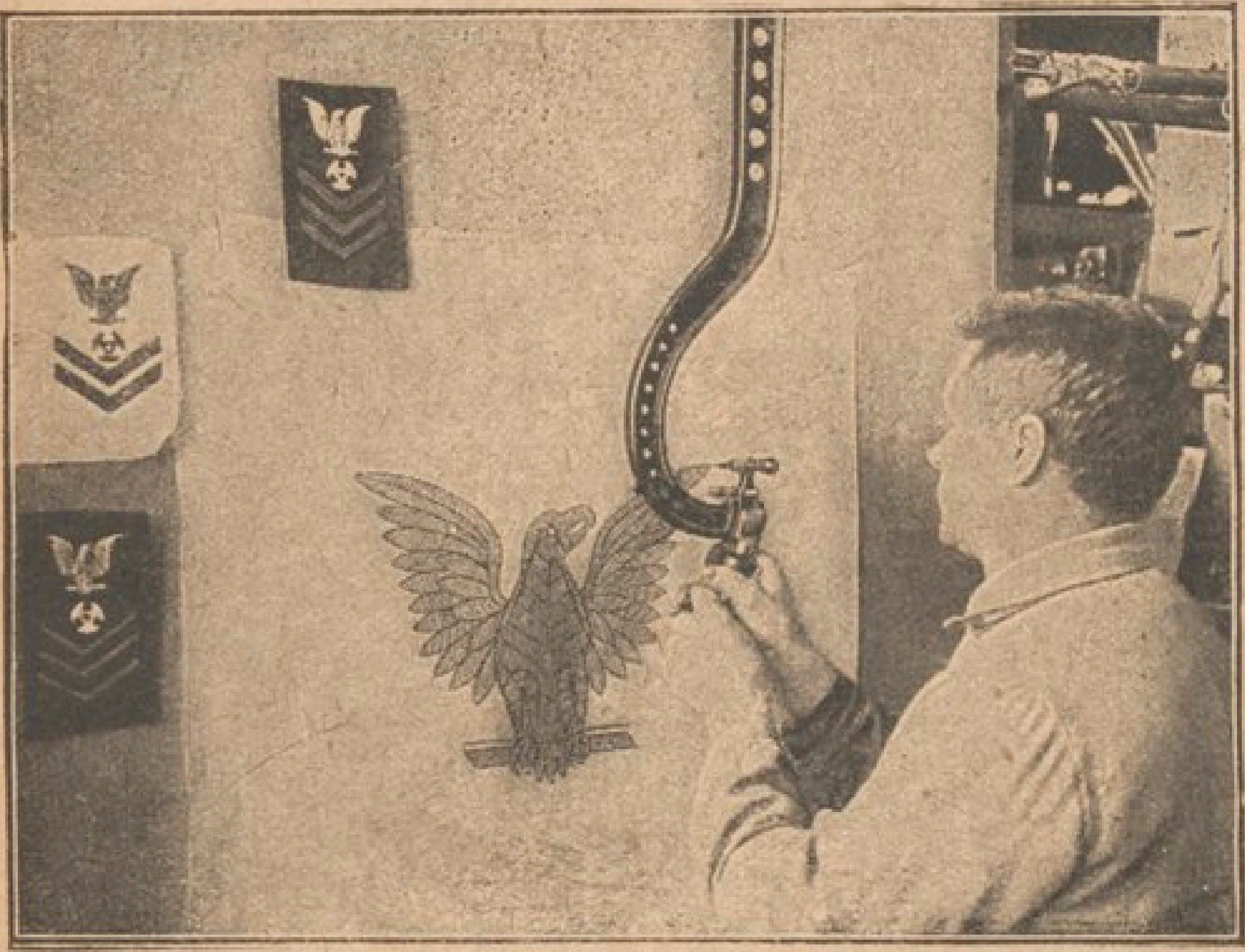


LE CHAR RENAULT PEUT PIVOTER COMPLÈTEMENT SUR PLACE

Cette photographie montre le tracé laissé sur le sol par un virage. C'est un cercle parfait de très petit rayon dont le centre se trouve au milieu même de la chenille intérieure.

LE PANTOGRAPHE
ADAPTÉ A LA BRODERIE MÉCANIQUE

La manière dont sont confectionnés les insignes et écussons qui doivent faire l'orgueil des soldats américains, mérite d'être signalée. Ce travail est, évidemment, effectué à la machine, mais la machine employée est des plus curieuses. Le profane, qui la prendrait plutôt pour une rotative de grand quotidien, serait certainement tenté, au vu de ses dimensions colossales, de lui assumer une tâche autrement importante que celle de broder, par exemple, les aigles minuscules qui ornent l'uniforme militaire des Yanks. Cette disproportion entre la grandeur de l'outil et la petitesse du travail qu'il exécute n'est cependant qu'apparente, car si l'aigle est infime par rapport à la machine, celle-ci n'en confectionne pas moins de cent quatre-vingts à la fois. Et si, à la place d'aigles, on voulait obtenir un nombre égal de tout autre ornement, rien ne serait plus facile, car le travail de cette machine, au lieu d'être, comme d'ordinaire, automatique, est guidé par la main d'un ouvrier. Le mécanisme qui actionne toutes ses aiguilles est, en effet, commandé par un pantographe dont on déplace la pointe sur le tracé de l'ornement. Ce tracé est reproduit sur un tableau adjacent à la machine dans des dimensions beaucoup plus grandes que celles du dessin brodé, ceci pour faciliter la tâche de l'ouvrier ; on conçoit, en effet, qu'il est beaucoup plus aisé à celui-ci de suivre les sinuosités d'un large tracé que d'un petit, et que, par ailleurs, les déviations possibles de sa main sont, par la réduction apportée par le pantographe, considérablement atténuées.

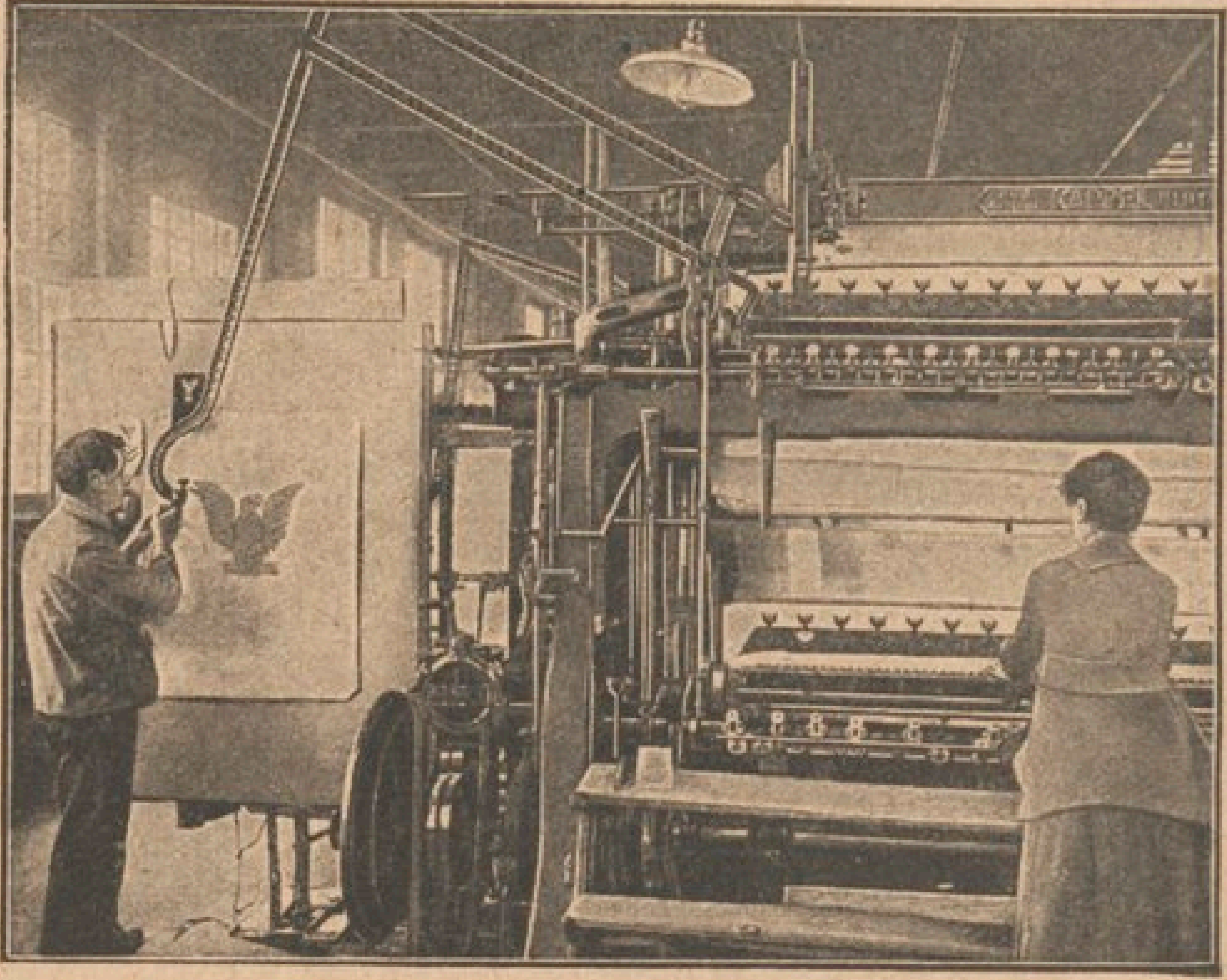


LE TRACEUR REPRODUIT LE DESSIN DE L'AIGLE

Une ouvrière surveille le fonctionnement de la machine ; son rôle consiste surtout à renfiler les aiguilles lorsque, accidentellement, le fil vient à casser.

La poignée de manœuvre du traceur est articulée de manière à faciliter les mouvements de la main qui guide la pointe ; on conçoit, en effet, que, si bien équilibré et léger (il est ajouré sur toute sa longueur) que soit le bras qu'elle termine, cette pointe est loin d'être aussi maniable qu'un outil non asservi. On a donc cherché et on a, d'ailleurs, réussi à pallier cet inconvénient.

La vitesse de la machine est subordonnée à la rapidité avec laquelle l'ouvrier suit le tracé. Un traceur habile repasse le dessin de l'aigle en quelques minutes, de sorte que la production atteint facilement 10.000 ornements pour une journée de travail.



L'OUVRIÈRE SURVEILLE LE TRAVAIL DE LA MACHINE

LE PÉTROLE LAMPANT ET LES HUILES LOURDES DANS LES MOTEURS D'AUTOMOBILES

Par César VERCHELLES
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

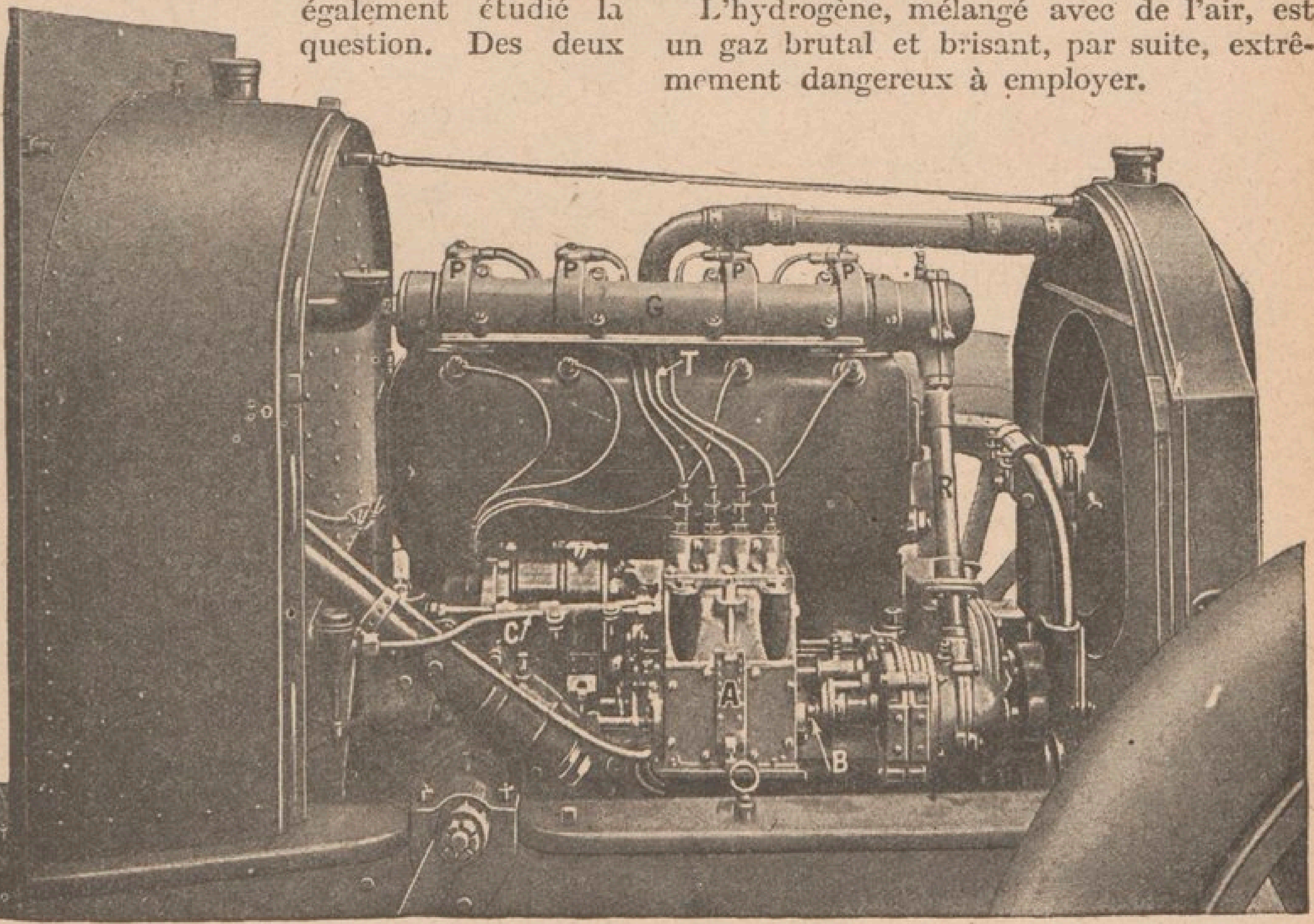
Quels carburants n'a-t-on pas essayés pour parer à la crise d'essence, née de la guerre? L'alcool, le gaz d'éclairage, le sulfure de benzol, le gaz pauvre au charbon de bois, l'hydrogène, l'acétylène, le pétrole lampant. Tous, indistinctement, ont fait marcher des moteurs d'automobiles ; mais à chacun d'eux, on a eu, malheureusement, quelque reproche capital à adresser.

En Suisse, le gouvernement a procédé à des expériences sur l'alcool ; chez nous, la Compagnie Générale des Voitures à Paris a également étudié la question. Des deux côtés, il a été reconnu que ce produit, qui aurait pourtant l'avantage immense d'être national, ne peut être employé seul, tout au moins pour la mise en marche.

Le gaz d'éclairage, nos lecteurs l'ont déjà lu ici, a contre lui son encombrement, ses dangers d'explosion pour un faible rendement. Il a eu des applications limitées.

Le gaz pauvre n'a encore été que très peu essayé et semble devoir être très faible comme rendement. Il dépose aussi une couche de carbone qui encrasse.

L'hydrogène, mélangé avec de l'air, est un gaz brutal et brisant, par suite, extrêmement dangereux à employer.



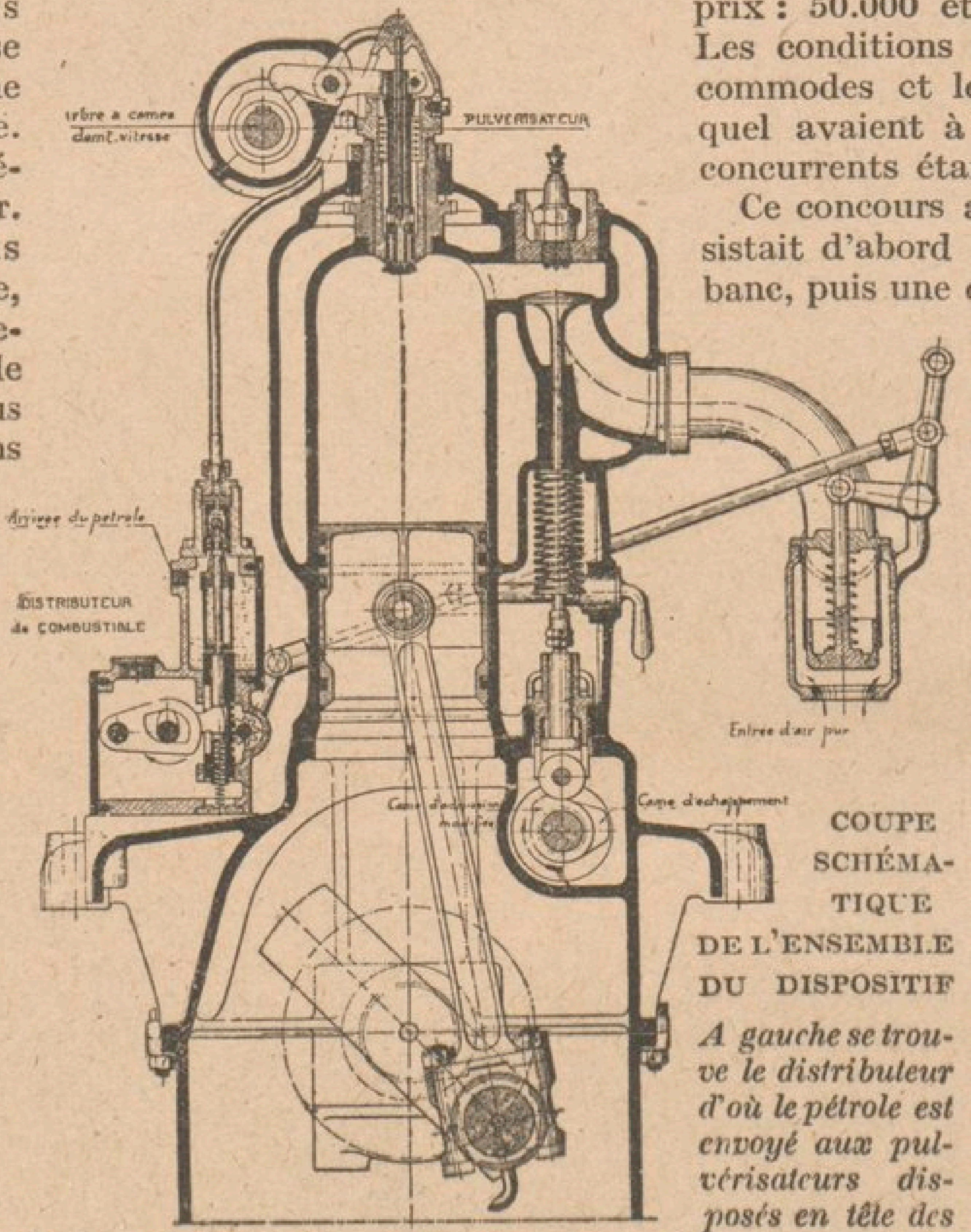
MOTEUR D'AUTOMOBILE TRANSFORMÉ POUR L'EMPLOI DU PÉTROLE LAMPANT, D'APRÈS LE SYSTÈME BELLEM ET BREGERAS

A, *Distributeur de pétrole;* B, *Commande de l'arbre à cames du distributeur;* C, *Tube d'admission du pétrole;* T, *Groupe de tubes conduisant le pétrole du distributeur aux pulvérisateurs;* P, P, P, P, *Pulvérisateurs;* G, *Carter de l'arbre à cames des pulvérisateurs;* R, *Commande de l'arbre à cames* G.

L'acétylène était bien séduisant aussi. Un mètre cube d'acétylène donne 14.000 calories; il vaut donc deux litres d'essence et se trouve ainsi bien supérieur au gaz d'éclairage, mais c'est la production du gaz d'acétylène sur une voiture qui est le point difficile du problème. L'alimentation d'un moteur à régime rapide est sujette à des à-coups fréquents et la consommation varie subitement dans de telles proportions que les générateurs dont on dispose actuellement ne peuvent y suffire. C'est donc un générateur à trouver.

Nous arrivons enfin au pétrole, qui semblerait devoir être le liquide préférable à tous pour ces raisons qu'il est ininflammable d'abord et, par conséquent, sans danger et qu'ensuite sa production étant quatre-vingt-dix fois plus grande que celle de l'essence, que l'on en extrait à raison de 10% environ, son prix est, par suite, de beaucoup inférieur.

Mais le pétrole, à côté de ces deux avantages si importants, a, lui aussi, le défaut d'être rebelle au départ à froid. On a imaginé des carburateurs spéciaux à double débit : essence et pétrole, la première arrivant seule au carburateur pour le départ, puis cédant la place au second, une fois le moteur chaud ; et, en cas de marche au ralenti, les deux liquides se mélangeant automatiquement pour conserver au moteur sa souplesse. Mais ce n'était pas là la solution réelle du problème que l'on cherchait à résoudre : l'utilisation du pétrole lampant du commerce, partout répandu.



COUPE SCHÉMATIQUE DE L'ENSEMBLE DU DISPOSITIF

A gauche se trouve le distributeur d'où le pétrole est envoyé aux pulvérisateurs disposés en tête des cylindres; à droite, l'ancien boisseau du carburateur envoie de l'air par les soupapes d'admission. Une tige, reliée à la pédale d'accélérateur, commande en même temps et proportionnellement l'admission du pétrole et de l'air. Sur l'ensemble ci-dessus, le pulvérisateur est commandé mécaniquement, mais la soupape pourrait être très facilement rendue tout à fait automatique.

La Chambre syndicale des industries du pétrole, se rendit exactement compte des avantages que l'on pouvait retirer de l'utilisation de ce combustible, dont on dispose par quantités inépuisables. En présence des très médiocres résultats obtenus jusque-là dans tous les essais tentés, on décida la création d'un concours pour l'emploi du pétrole lampant dans les moteurs d'automobiles, et on le dota généreusement de deux prix : 50.000 et 10.000 francs. Les conditions n'en étaient pas commodes et le cadre dans lequel avaient à se mouvoir les concurrents était plus qu'étroit.

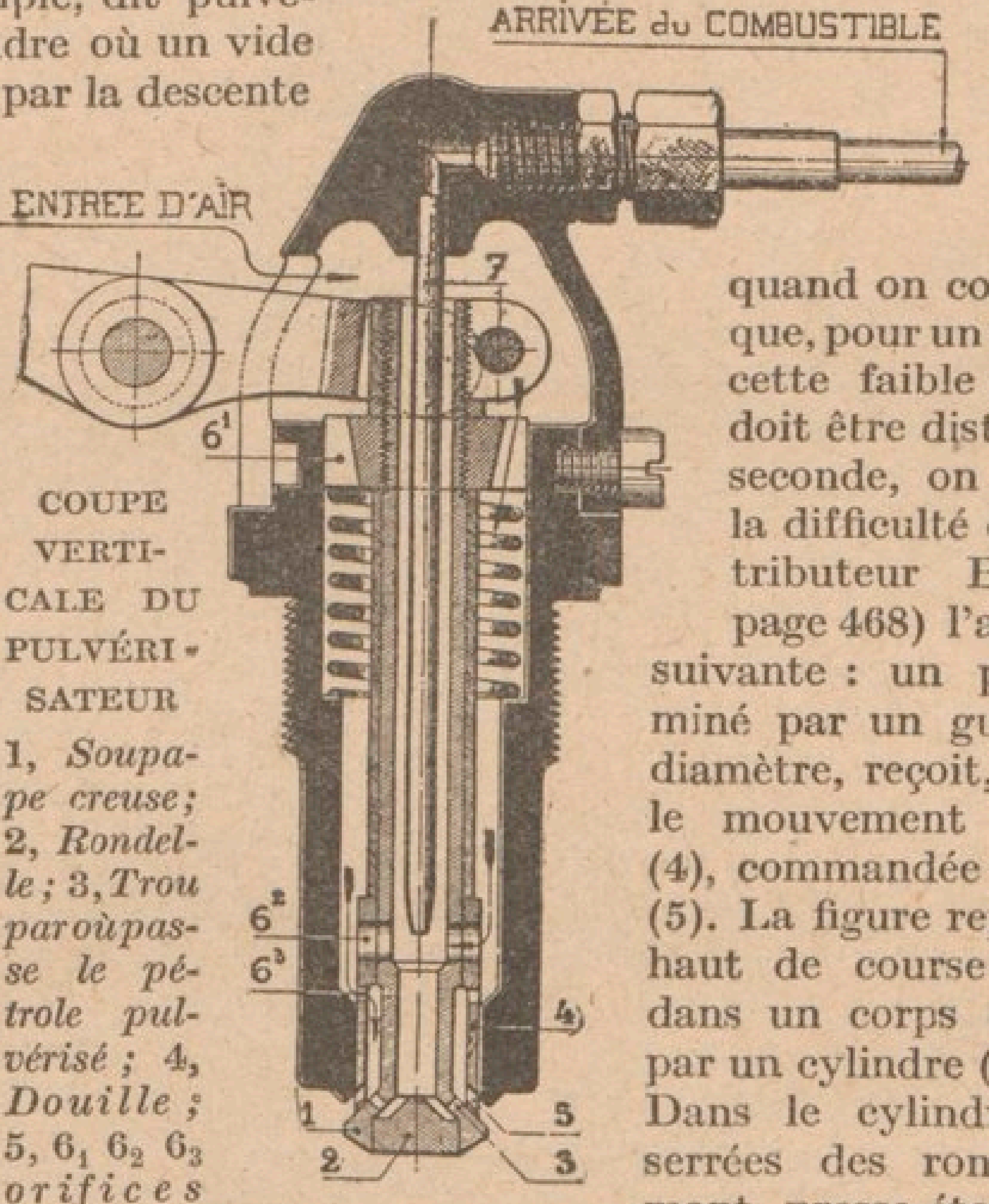
Ce concours a eu lieu ; il consistait d'abord en des essais au banc, puis une épreuve sur route d'environ mille kilomètres.

Les prix ont été attribués au moteur présenté par la Société des Brevets Bellem et Bregeras, un moteur d'automobile « Unic », de série, monté sur une voiture de tourisme ordinaire et qui, grâce à quelques modifications, offre la solution tant cherchée.

Le moteur démarre à froid au pétrole lampant, quelle que soit la température ambiante, exactement comme démarre un moteur à essence, et il continue à marcher sans aucun réchauffage du combustible liquide. Dès qu'il a été mis en route au pétrole lampant, il peut brûler tous les combustibles liquides : huile de goudron, de schiste, etc... Il démarre également à froid avec l'alcool du commerce. Sa construction et son poids par cheval sont identiques à ceux des moteurs à essence ou à gaz Il se conduit aussi facilement qu'un moteur à explosions. Il s'agit, en somme, dans ce système, de la combinaison d'un cycle nouveau, modi-

fication intéressante du cycle ordinaire à quatre temps, et d'un organe fort ingénieux remplaçant le carburateur à essence. et qui est une pompe de distribution du pétrole.

Le pétrole lampant ne se vaporise pas aisément comme l'essence, et, jusqu'à présent, pour obtenir cette vaporisation, on gazéifiait le pétrole avant son admission dans le cylindre, au moyen d'une source extérieure de chaleur. Dans le système qui nous occupe, la source de chaleur extérieure n'est plus nécessaire et la vaporisation, ou pour mieux dire, la pulvérisation du pétrole, s'obtient en l'injectant à froid par l'intermédiaire d'un petit appareil très simple, dit pulvérisateur, dans le cylindre où un vide partiel a été produit par la descente du piston. La pompe de distribution envoie au pulvérisateur juste la quantité de pétrole nécessaire pour une cylindrée, et le pétrole pénètre dans le cylindre, à travers le pulvérisateur, sous la forme d'une poussière si ténue, qu'elle a toute l'apparence d'une vapeur très légère; la soupape d'admission ordinaire des moteurs existe toujours, mais elle ne livre passage qu'à de l'air pur, et cela tardivement, après que le pétrole s'est pulvérisé dans le vide produit par la descente du piston; la brusque introduction de l'air dans ce vide provoque un brassage énergique du pétrole frais pulvérisé, qui se mélange intimement à l'ai pur pour former le mélange tonnant



COUPE VERTICALE DU PULVÉRISATEUR

1, *Soupape creuse;* 2, *Rondelle;* 3, *Trou par où passe le pétrole pulvérisé;* 4, *Douille;* 5, 6_1 6_2 6_3 *orifices d'entrée ou de passage d air;* 7, *Tube d'arrivée du pétrole; L'air et le pétrole arrivent par le haut de l'appareil.*

Distribution et pulvérisation s'obtiennent à l'aide de deux petits appareils qui se placent, l'un, le pulvérisateur, en tête du cylindre ; l'autre, le distributeur, à côté du moteur, de telle façon qu'il puisse être commandé par les pignons de distribution du moteur lui-même. Le pulvérisateur (figure ci-dessus) comporte une soupape creuse percée de trous par où le pétrole pénètre dans le cylindre en même temps que de l'air, qui arrive par une autre canalisation annulaire, comme on peut s'en rendre compte en examinant avec soin la figure ci-dessous, qui est une coupe. C'est donc du pétrole et de l'air qui passent par les trous (3), ceci produit une pulvérisation déjà très fine. Cette pulvérisation est achevée par de l'air pur qui pénètre dans le cylindre par les rainures (5) et empêche toute goutte liquide de rentrer dans ce cylindre; cette pulvérisation fine, se faisant complètement dans le vide, produit une véritable fumée.

Quand on considère la petite quantité de pétrole brûlée à chaque explosion dans un moteur de faible cylindrée, et la nécessité de faire varier cette quantité d'un maximum qui est une goutte, jusqu'à presque zéro pour la marche à vide, quand on considère, d'autre part que, pour un moteur à 1.800 tours cette faible quantité de pétrole doit être distribuée en 1/100e de seconde, on se rend compte de la difficulté du problème. Le distributeur Bellem (figure à la page 468) l'a résolue de la façon suivante : un piston plongeur, terminé par un guide (2) de plus gros diamètre, reçoit, par une rainure (3) le mouvement d'une came creuse (4), commandée par l'arbre à cames (5). La figure représente le piston en haut de course. Ce piston coulisse dans un corps de pompe constitué par un cylindre (6) et un bouchon (7). Dans le cylindre sont empilées et serrées des rondelles de liège formant presse-étoupe. Le liège a la propriété remarquable d'être à peu près inusable, son frottement sur le piston peut être considéré comme constant et l'appareil reste réglé

Le guide du piston coulisse dans une douille (8) dont on peut faire varier la position en hauteur par le pignon (9) commandé de l'extérieur par la pédale de l'accélérateur.

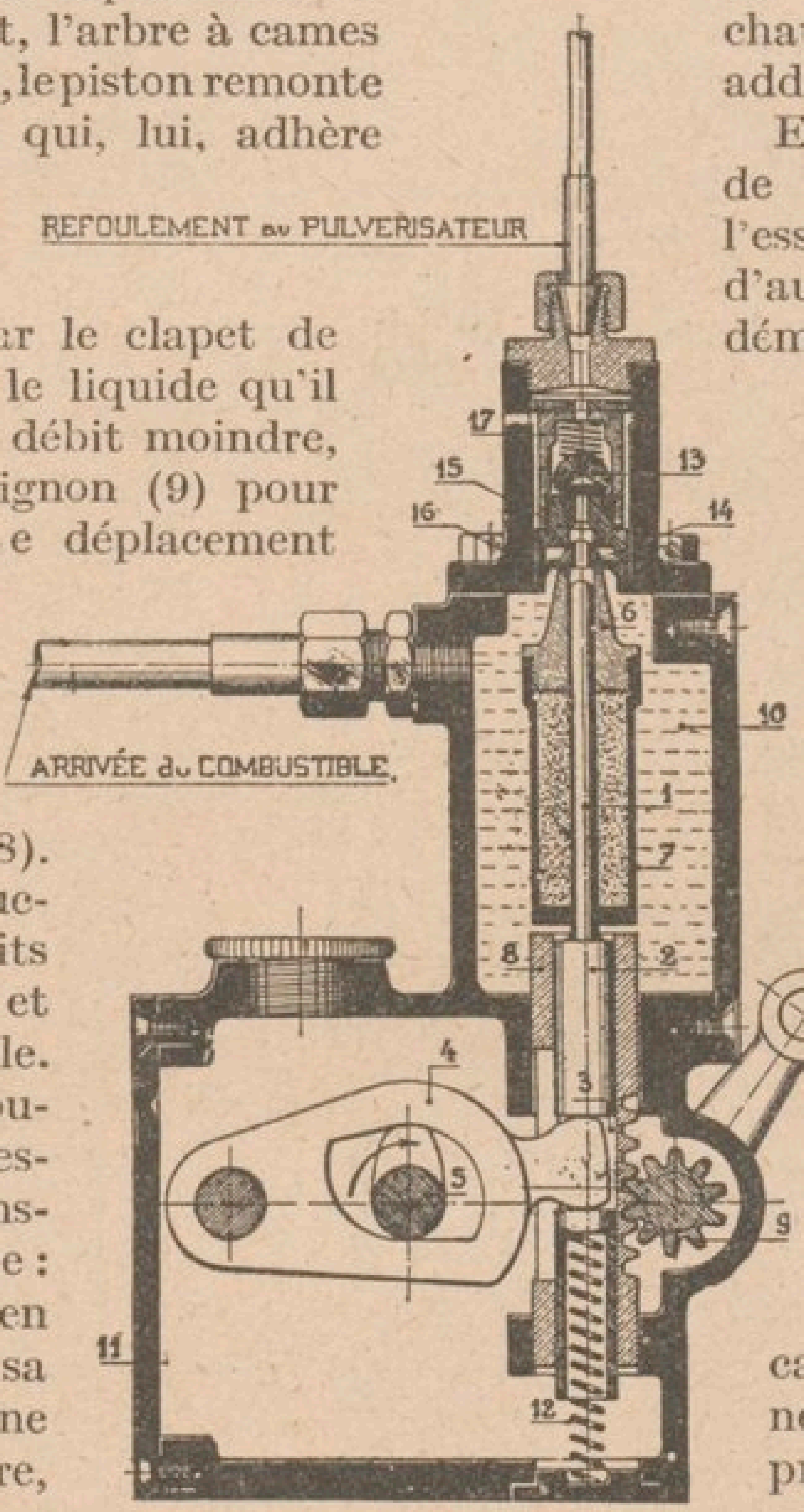
Le compartiment (10) est toujours entièrement plein de pétrole. Le compartiment (11) est rempli d'une huile très épaisse pour assurer le graissage continu et suffisamment abondant des parties en mouvement.

Le fonctionnement s'opère ainsi : le piston étant en haut de course, l'arbre à cames continue son mouvement, la came creuse est alors immobile et le cylindre (6) est poussé par le ressort (12) logé dans le guide contre le clapet plat dont on verra plus loin l'utilité.

L'arbre à cames revient ensuite en contact avec le bas de la came creuse et le piston descend, mais en entraînant le corps de pompe mobile (6) qui adhère sur lui et qui quitte le siège plat ; puis le corps de pompe vient rencontrer la douille butée (8) fixée par le moyen du pignon (9) dans une position déterminée ; ce mouvement de descente s'arrête pendant que le piston continue son chemin. Le liquide aspiré par le piston rentre alors dans le cylindre (6) et, l'arbre à cames continuant son mouvement, le piston remonte en entraînant le cylindre qui, lui, adhère jusqu'à ce que ce cylindre vienne en contact avec le clapet plat et s'arrête. Le piston refoule alors par le clapet de retenue automatique (13) le liquide qu'il a aspiré. Pour obtenir un débit moindre, il suffit d'agir sur le pignon (9) pour descendre la butée (8). Le déplacement relatif de (1) et de (6) est alors diminué et, par suite, le débit. Le débit sera nul quand le cylindre (6) viendra finalement toucher la butée (8).

On peut donc obtenir successivement tous les débits intermédiaires entre zéro et le débit maximum possible.

Les clapets devant pouvoir suivre à toutes les vitesses, sont ingénieusement constitués de la façon suivante : (14) est une rondelle en acier, mince, libre dans sa cage. Elle s'appuie sur une rondelle élastique (15) (fibre, ébonite, etc.), dont une face est plane et l'autre sphérique. Le tout est enfermé dans une cage (16) par une rondelle (17) portant une alvéole sphérique correspondant à la rondelle élastique, l'autre face étant plane. La plaquette d'acier et la rondelle élastique sont libres dans leur cage pour pouvoir s'orienter exactement suivant le plan du bout du cylindre (6). Quand celui-ci monte, les clapets s'orientent, se mettent fortement en contact sous l'effort du piston transmis par le liège et le refoulement à lieu par le clapet plat (13) poussé par un léger ressort (18) agissant sur une partie sphérique pour bien appliquer le clapet à plat d'une façon uniforme. Dès le refoulement terminé, le ressort (12) maintient fortement le contact complet entre le bout du petit cylindre (6) et le clapet plat.



LE DISTRIBUTEUR DU PÉTROLE

1, *Piston ;* 2, *Guide ;* 4, *Came ;* 5, *Arbre à cames ;* 6, *Cylindre rempli de liège ;* 8, *Douille ;* 9, *Pignon commandant la douille ;* 10, *Pétrole ;* 11, *Huile ;* 12, *Ressort antagoniste ;* 13, *Clapet de retenue ;* 14, *Rondelle en acier ;* 15, *Rondelle élastique ;* 18, *Ressort faisant pression.*

Dans un moteur à plusieurs cylindres, il y a autant de pistons distributeurs que de cylindres. L'encombrement total est à peu de chose près celui d'une magnéto ordinaire.

Telles sont les caractéristiques du moteur Bellem et Bregeras, qui permet l'emploi du pétrole lampant sans réchauffage préalable et sans addition d'aucun autre liquide.

Evidemment, il ne s'agit pas de substituer le pétrole à l'essence dans les moteurs d'automobiles. Quoiqu'il soit démontré que cette substitution est parfaitement possible, il faut convenir que, tant que l'essence pourra être obtenue à un prix abordable, ce serait une erreur de lui substituer un produit de remplacement. Mais, chaque fois que l'incendie peut avoir des conséquences graves, l'emploi du pétrole lampant s'imposera. Tel est le cas pour les vedettes et les petits bateaux rapides de la marine, pour certains engins de guerre et pour nombre de machines agricoles ; en outre, dans ce dernier cas, l'économie de fonctionnement et la facilité d'approvisionnement prendront souvent une importance prépondérante et décisive.

Au lendemain de la guerre, l'emploi du moteur à explosions s'étendra considérablement, non seulement parce que, dans bien des cas, il faudra suppléer à l'absence de main-d'œuvre, mais aussi parce que la guerre aura initié un très grand nombre de cultivateurs et d'ouvriers à la conduite des moteurs d'automobiles. Dans les exploitations agricoles, dans les chantiers de construction, etc., les moteurs trouveront des applications sans nombre, et l'emploi du pétrole, rendu pratique grâce à cet ingénieux procédé, s'imposera souvent par mesure d'économie et de sécurité.

César Verchelles.

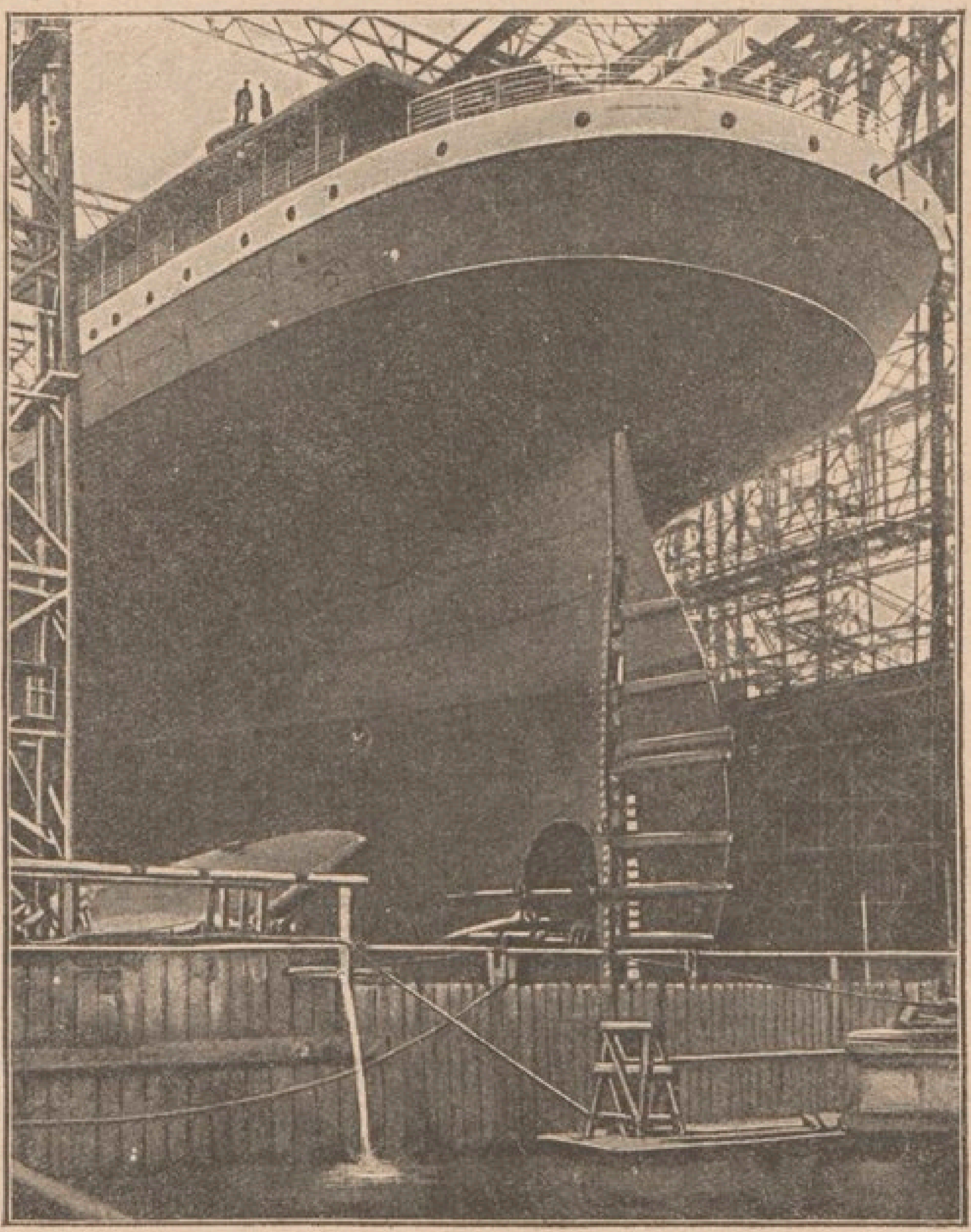
COMMENT ON LANCE UN NAVIRE : PAR L'ARRIÈRE, PAR LE COTÉ, ETC

Par _ernand DUPRÉ-GILLARD
ANCIEN INGÉNIEUR DE LA MARINE

La mise à l'eau d'un navire présente, comme on le conçoit facilement, d'autant plus de difficultés que la longueur et le poids de sa coque sont plus considérables.

Quand il s'agit d'avisos, de bateaux de pêche de faible tonnage, de canots à vapeur, et surtout de sous-marins, on construit la coque dans un petit bassin de radoub vide. Dans ce cas, il n'y a pas de lancement proprement dit, et on se contente de faire flotter le bâtiment en introduisant l'eau avec précaution par les portes ouvertes de la forme.

Cette méthode, simple et sûre, mais très coûteuse pour les grands navires, est appliquée notamment à Bordeaux pour la mise à l'eau des cuirassés français dont la construction est confiée aux Chantiers de la Gironde. On comprend que pour contenir un bâtiment long de plus de cent cinquante mètres et large d'une trentaine de mètres, il faille un bassin de dimensions colossales. De plus, le radier du fond doit être établi avec une grande solidité, de manière à pouvoir supporter sans crainte d'affaissement les apparaux soutenant les fonds du navire et le poids total de la carène, y compris un grand nombre d'aménagements intérieurs (Machines, arbres, etc.)



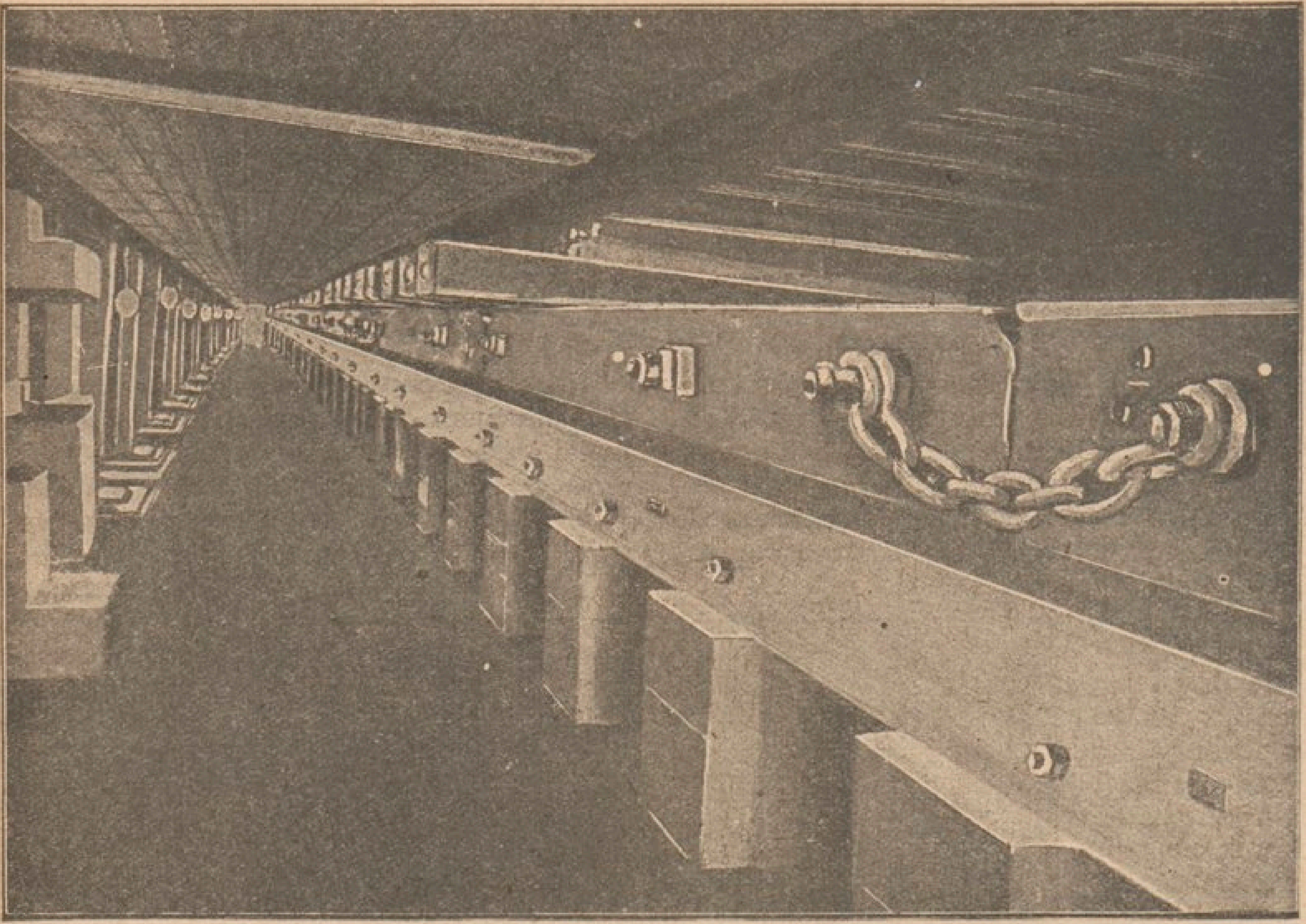
VUE ARRIÈRE DU TRANSATLANTIQUE « BRITANNIC » SUR SA CALE DE CONSTRUCTION, A BELFAST

La cale est défendue contre l'envahissement de la mer par un bâtardeau en planches que l'on doit démolir lors du lancement.

En général, on donne le nom de cale de construction à un massif de forme allongée, formé de grosses pièces de bois ou d'un robuste assemblage de maçonnerie sur lequel repose la carène pendant son édification et qui sert en même temps à la mise à l'eau.

On donne à ce massif une certaine pente dirigée vers la mer de telle manière qu'un navire, soutenu sur un berceau de lancement et abandonné à lui-même, puisse glisser sur la surface de la cale préalablement suiffée et flotter enfin dans l'eau sans aucun accident.

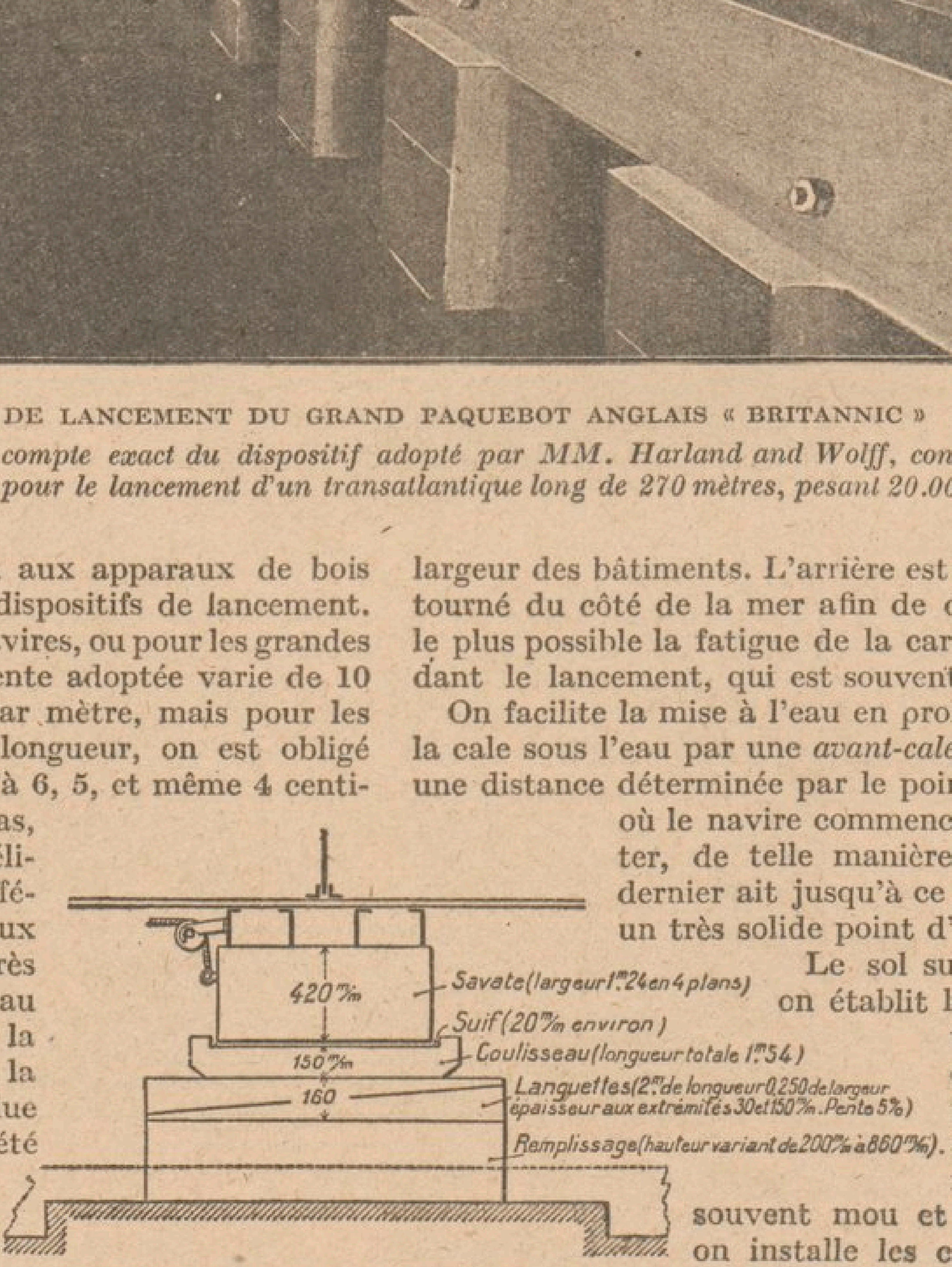
La valeur de la pente doit être déterminée avec le plus grand soin, suivant la longueur et le poids de la coque, afin que cette dernière puisse glisser avec une vitesse suffisante, mais cependant limitée par l'importance du frottement qui pour-



LA CALE DE LANCEMENT DU GRAND PAQUEBOT ANGLAIS « BRITANNIC »
Cette photo rend un compte exact du dispositif adopté par MM. Harland and Wolff, constructeurs de navires à Belfast, pour le lancement d'un transatlantique long de 270 mètres, pesant 20.000 tonnes.

rait mettre le feu aux apparaux de bois faisant partie des dispositifs de lancement.

Pour les petits navires, ou pour les grandes embarcations, la pente adoptée varie de 10 à 15 centimètres par mètre, mais pour les coques de grande longueur, on est obligé de descendre jusqu'à 6, 5, et même 4 centimètres. Dans ce cas, le calcul est très délicat parce qu'une différence d'un ou deux millimètres a une très grande importance au point de vue de la vitesse que prendra la carène une fois rendue libre. La *France* a été lancée à Saint-Nazaire avec une pente de 46 millimètres seulement.

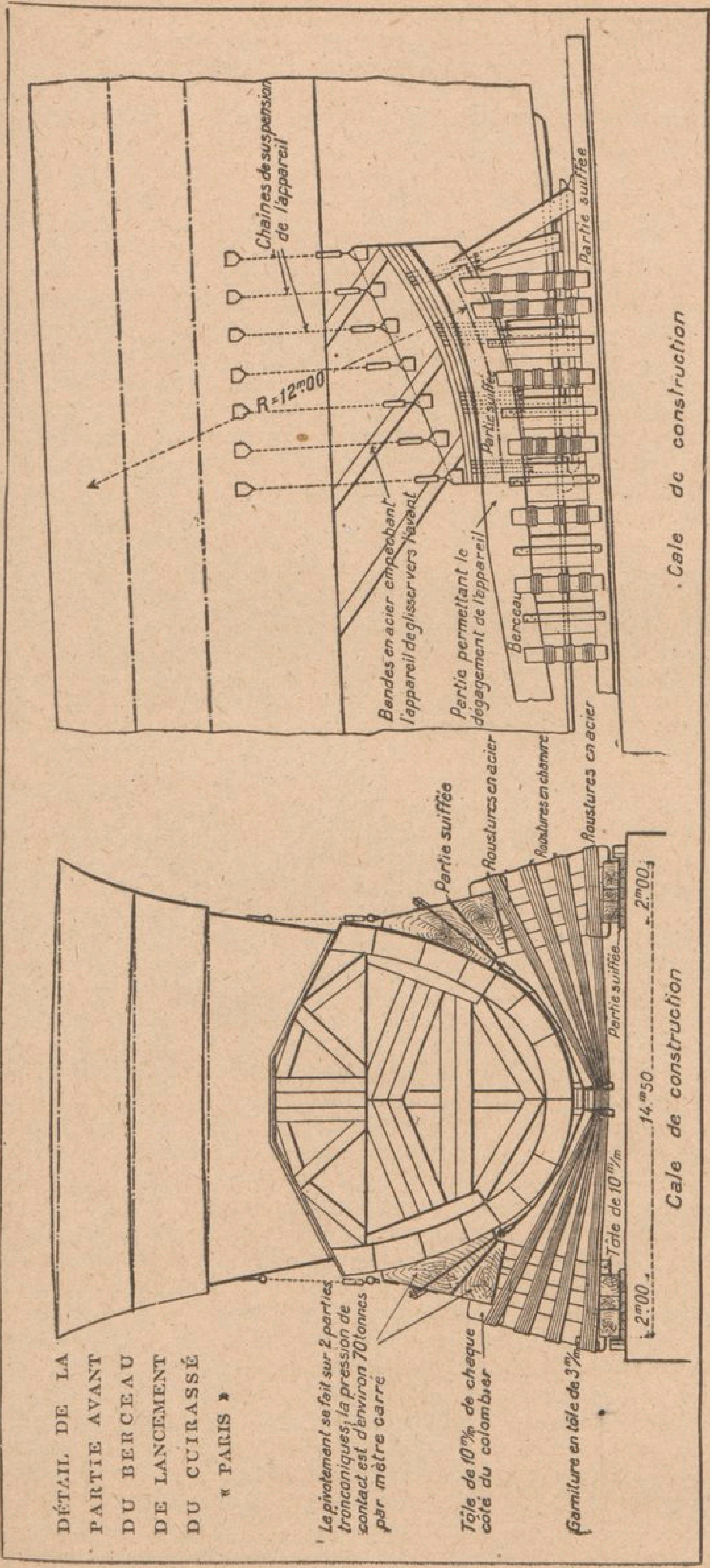


COUPE DE LA COULISSE CENTRALE DE LANCEMENT DU CUIRASSÉ « JEAN-BART »

La longueur des cales doit être au moins égale à la longueur totale du navire à construire, et on leur donne une largeur représentant environ le tiers de la plus grande largeur des bâtiments. L'arrière est toujours tourné du côté de la mer afin de diminuer le plus possible la fatigue de la carène pendant le lancement, qui est souvent délicat.

On facilite la mise à l'eau en prolongeant la cale sous l'eau par une *avant-cale* jusqu'à une distance déterminée par le point précis où le navire commence à flotter, de telle manière que ce dernier ait jusqu'à ce moment un très solide point d'appui.

Le sol sur lequel on établit les chantiers de construction de navires restant souvent mou et vaseux, on installe les cales sur des plates-formes constituées par des têtes de pieux ou de pilotis verticaux enfoncés avec force. On peut obtenir une cale de bois en disposant parallèlement trois ou quatre files de longrines réunies

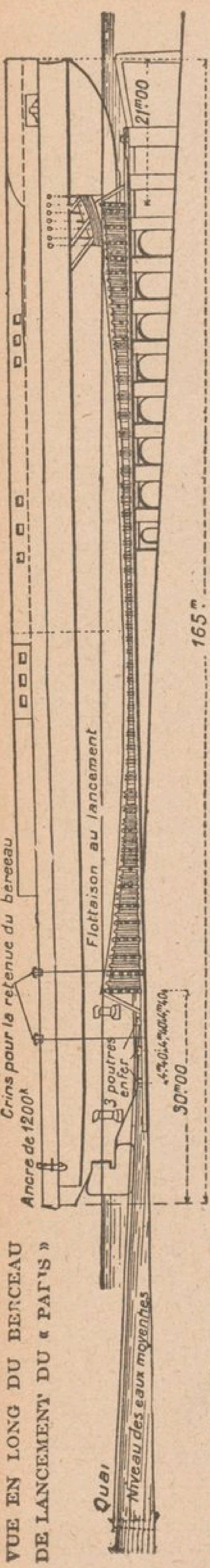


DÉTAIL DE LA PARTIE AVANT DU BERCEAU DE LANCEMENT DU CUIRASSÉ « PARIS »

entre elles par des traverses. Le plus souvent, aujourd'hui, on noie la tête des pilotis dans une couche de béton sur laquelle on bâtit une cale en pierre. La surface supérieure du massif est constituée par des traverses transversales en chêne engagées dans la maçonnerie et destinées à supporter les tins ou supports de quilles. Ces traverses, espacées de 1 m. 50 à 2 mètres d'axe en axe, ont environ 40 centimètres d'équarrissage normal.

Les tins sont formés par des piles de billots de bois plus larges à la base qu'au sommet. On leur donne au-dessus de la cale une hauteur minimum de 1 m. 25, afin de permettre le rivetage et le calfatage commodes des fonds du navire.

Pour mettre à l'eau la coque une fois terminée, on substitue aux tins de construction sur lesquels elle s'appuie, un berceau en charpente par l'intermédiaire duquel le navire reposera sur son plan de glissement. On facilite le départ en intercalant entre la surface de frottement inférieure du berceau et celle des coulisses, un enduit onctueux à base de suif. Pour que le départ au lancement s'opère de lui-même, il suffit donc que le coefficient de frottement soit inférieur à la pente du plan de glissement et, jusqu'au moment précis du lancement, on devra exercer sur la coque un effort de retenue pouvant être supprimé aisément et rapidement afin de l'empêcher de glisser trop tôt. Quand on supprime cet effort à un moment où la hauteur d'eau au-dessus de l'extrémité des coulisses de glissement est suffisante, le navire, abandonné à lui-



VUE EN LONG DU BERCEAU DE LANCEMENT DU « PARIS »

Ce cuirassé de 165 mètres, déplaçant 23.500 tonnes, pesait au lancement 8.058 tonnes, y compris le berceau, avec une charge sur le brion de 1.820 tonnes. Le berceau, de 114 mètres de long, muni de son lest, pesait à lui seul 1.050 tonnes soit environ le huitième du poids total.

même, se met en mouvement, sous l'action de son propre poids (force impulsive) et la mise à l'eau s'effectue d'elle-même facilement.

On donne le nom de *brion* au point extrême du berceau à l'avant, où se fait le mouvement de rotation ou de pivotement de la coque, au moment où celle-ci commence à flotter. On calcule à l'avance l'effort (environ 1.800 à 2.000 tonnes pour nos cuirassés de ligne actuels) que supporte la carène au moment du pivotement autour du brion, c'est-à-dire quand le navire s'appuie sur la dernière traverse du berceau de bois à l'avant.

Le point délicat pour les grands bâtiments est d'arriver à les faire reposer sans accident sur le berceau de lancement quand on substitue celui-ci aux files de tins de construction.

Les systèmes de lancement usités par les divers chantiers français et étrangers diffèrent par le mode d'établissement des berceaux et par le nombre des coulisses qui varie de un à trois.

Quand on lance sur coulisse unique, ou sur quille, on place sous cette dernière, dans l'axe longitudinal du bâtiment, une large poutre de chêne appelée *savate*, au-dessous de laquelle est disposé un plan de glissement ou *coulisse* avec joues à bâbord et à tribord reposant sur des tins. Entre la savate et la coulisse, on interpose une couche de suif dont l'épaisseur varie avec le poids de la carène (10 à 15 mm. jusqu'à 7.000 tonnes pour les cuirassés français).

La savate s'étend jusqu'à l'extrémité arrière du navire, au point où la coulisse est prolongée par l'avant-cale, dont la longueur est telle que le navire puisse s'immerger progressivement et pivoter sur son brion sans plonger brusquement dans l'eau par l'arrière, c'est-à-dire sans *cabanement*. Il faut empêcher aussi que le navire *salue*, c'est-à-dire que le pivotement commence avant que la coque soit normalement en mesure de flotter.

En principe, le navire doit descendre sans basculer d'un bord ni de l'autre sur sa savate centrale. Pour empêcher tout basculement, on applique sur les fonds, de chaque côté de la savate, des pièces de bois longitudinales appelées *ventrières*, qui règnent sur une partie de la longueur du bâtiment, vers son milieu. Directement au-dessous des ventrières, sont disposées deux autres poutres longitudinales ou *couettes*, séparées d'elles par un jeu de 15 à 20 millimètres. Ces couettes, dites *mortes* parce qu'elles ne servent qu'en cas d'accident, s'étendent sur toute la longueur du plan de glissement et sont supportées par des empilages de bois ou *billottages* reliés à la cale. Si le navire oscille d'un bord pendant le lancement, la ventrière correspondante s'appuie sur sa couette morte et maintient la coque en équilibre. Pour faciliter la mise en place du berceau, la savate et la coulisse sont décomposées en un certain nombre de tronçons qu'on substitue successivement aux tins de construction.

Pour les navires de très fort tonnage, le lancement sur coulisse unique, quoique simple et peu coûteux, donne lieu à des charges trop fortes par centimètre carré de la surface des cales et conduit à des largeurs de savate exagérées. Les cuirassés récents sont lancés avec des poids atteignant 8.500 tonneaux *(Lorraine)*, qui sont fortement dépassés par ceux des grands transatlantiques. La *France* pesait au moment de son lancement 11.350 tonnes dont 570 tonnes pour le berceau.

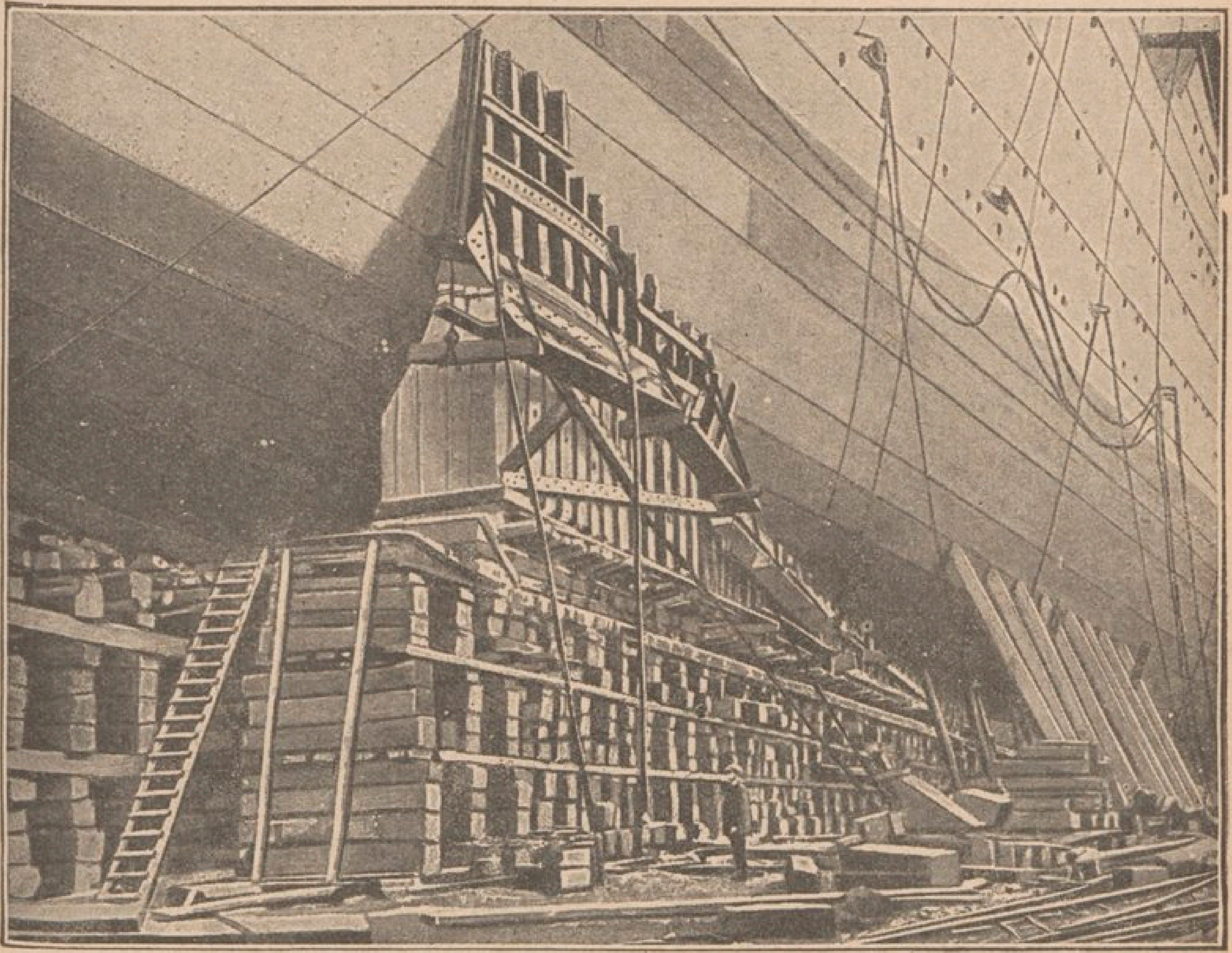
On a recours, dans ce cas, au lancement sur une double coulisse, qui se compose de deux couettes vives longitudinales supportant le poids du navire par l'intermédiaire de ventrières et d'arcs-boutants. Les couettes glissent sur deux coulisses parallèles

munies de joues de guidage reposant sur la cale de construction. On interpose des languettes de serrage entre les couettes et la surface de soutien du navire sur son berceau.

A La Seyne et à La Ciotat, où ce genre de lancement est employé, les ventrières appliquées sur les flancs du navire règnent sur toute la longueur du berceau et reposent sur des massifs et sur des pièces verticales appelées *colombiers* et reliées aux couettes vives.

de bois appelées *cross-legs* destinées à relier solidement les deux flancs du berceau.

La durée du graissage peut dépasser quinze jours pour un navire important, car il faut alors démonter et remonter les couettes, manœuvre que les grandes dimensions des pièces rendent longue et difficile. Dans ce procédé, le poids du navire n'est donc plus supporté par la quille, mais par des pièces latérales et l'on doit avoir soin de



BERCEAU DE LANCEMENT D'UN GRAND TRANSATLANTIQUE, VU PAR L'AVANT

Ces dernières glissent sur les coulisses ou couettes mortes fixées sur le sol de la cale, et c'est entre les surfaces lisses des deux couettes qu'on intercale la couche de suif.

La quille est alors soutenue par des entrelacs de câbles appelés *roustures*, qui s'encastrent dans les colombiers. L'écartement des deux flancs du berceau est maintenu, pendant la durée du lancement. par des pièces de bois ou par des tiges métalliques transversales.

Pour les très grands transatlantiques tels que la *France*, l'*Aquitania*, les éléments du berceau prennent une importance considérable (voir fig. ci-dessus) et la quille du navire s'appuie sur deux très fortes pièces

placer les couettes à l'aplomb d'une cloison longitudinale pour éviter toute déformation de la charpente. Malgré cela, on établit à l'intérieur du navire des échafaudages provisoires en bois formant épontillage, qui entretoisent les fonds et les divers ponts.

Le poids du berceau dans ce cas représente environ 5 % à 8 % de celui du navire, c'est-à-dire environ 750 à 1.200 tonnes pour une coque de 15.000 tonnes. Afin de pouvoir dégager sans trop de peine cet énorme assemblage de bois, on le leste avec des gueuses de fonte, afin de lui donner un poids légèrement supérieur à son déplacement. Des chaînes de retenue, rivées sur le berceau, permettent

de le faire échouer près de l'avant-cale après le lancement, et de le haler de suite à terre.

En principe, l'enduit dont on se sert pour garnir les coulisses, les couettes et la coulisse d'avant-cale est le suif de mouton pur que l'on mélange avec du saindoux, de la cire ou du savon, suivant la température.

Le navire, porté par son berceau, est relié au sol par des organes de retenue que l'on supprime au dernier moment. Dans le cas de la coulisse unique, la savate prolongée sur l'avant est reliée solidement à la cale de construction et on libère le bâtiment en sciant la savate avec une scie à main.

Ce procédé ne peut s'appliquer aux berceaux à doubles coulisses parce qu'il est difficile de provoquer la rupture simultanée des deux couettes. On emploie dans ce cas un amarrage en filin appelé *saisine*, qu'on tranche au moment voulu en évitant le fouettement.

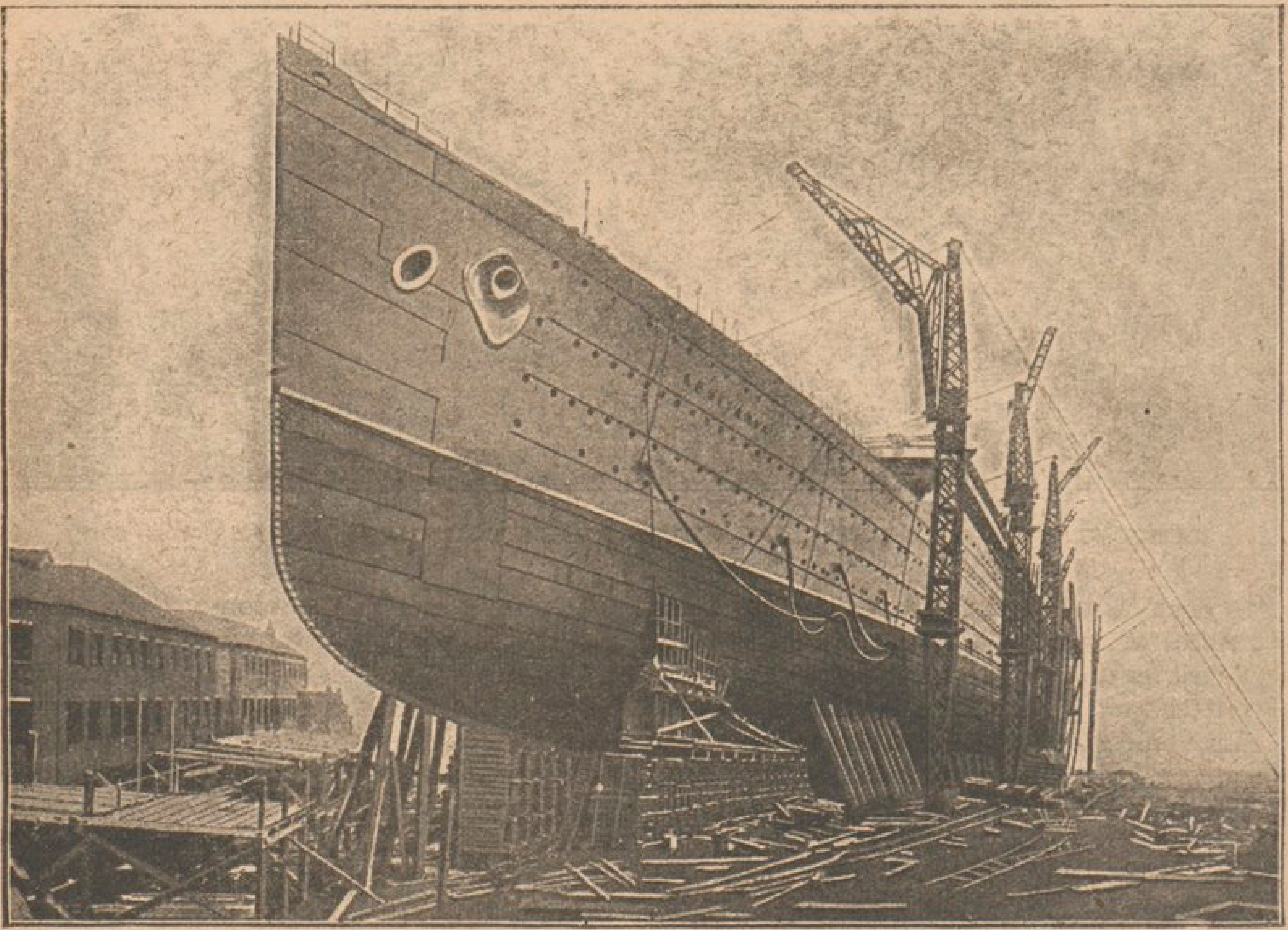
On a plutôt recours, aujourd'hui, aux clés, et surtout aux linguets à échappement, très usités en Angleterre. Les clés sont des arcs-boutants de bois intercalés entre deux taquets dont un est fixé à la cale et l'autre à chaque couette. Au moment du lancement, les clés sont abattues, ce qui libère le navire. Le linguet à déclic, solide et simple, est très commode et d'un fonctionnement très sûr.

Les cales de construction sont, en général, situées sur le bord d'une rivière ou au fond d'un bassin, ce qui restreint l'étendue disponible pour obtenir l'arrêt du navire après lancement. En effet, à mesure que la carène pénètre dans l'eau, elle éprouve une résistance croissante qui modère la vitesse qu'elle avait pu atteindre en glissant sur la coulisse.

Quand on craint de voir un bâtiment buter sur la rive opposée, il faut chercher à l'arrêter par des procédés d'enrayage tout spéciaux.

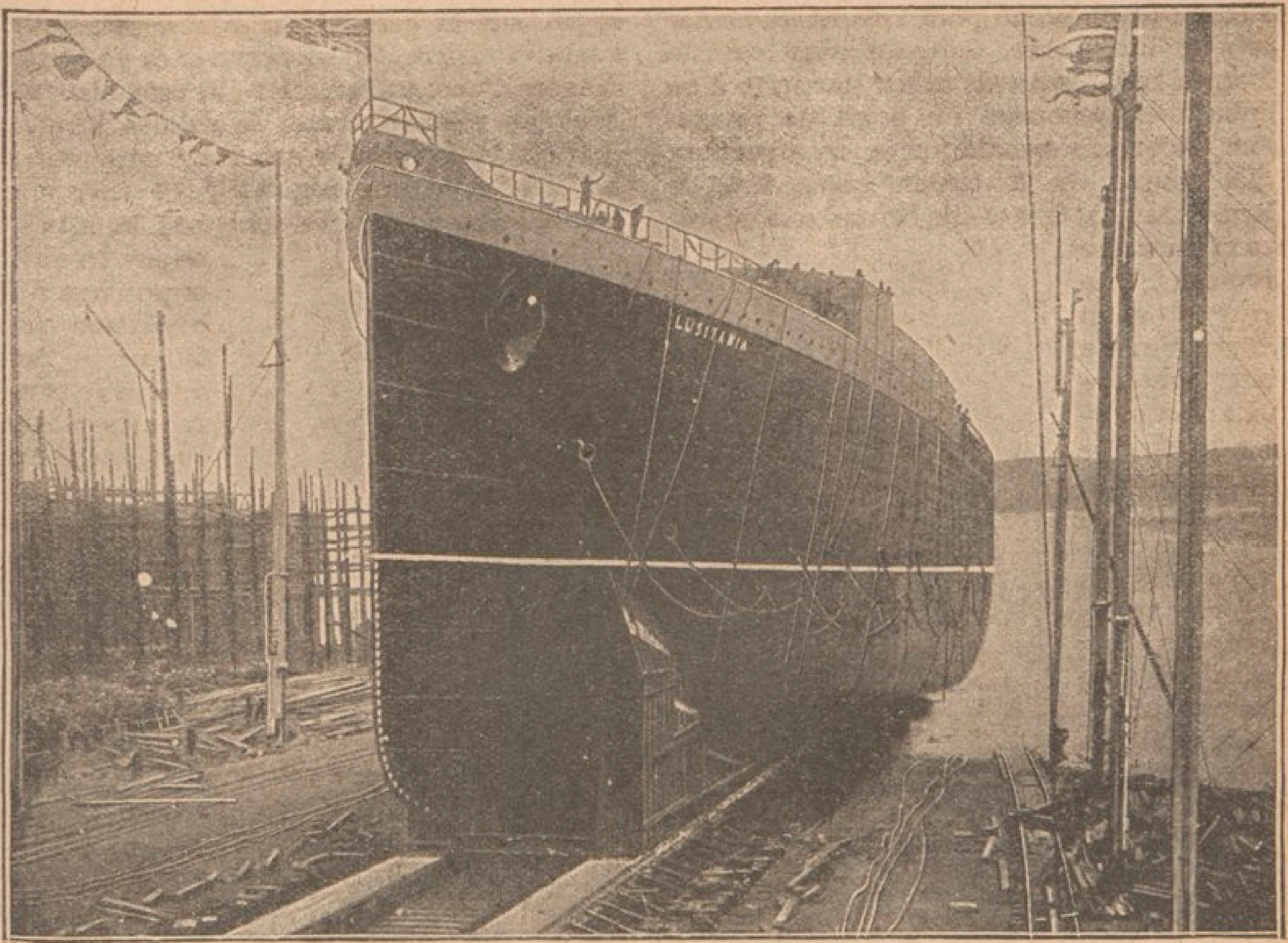
Les ancres de mouillage peuvent être utilisées à cet effet à condition de ne pas les faire agir trop brutalement afin de ne pas briser les chaînes. Les ancres peuvent traîner sur les fonds vaseux. Pour lancer de grands navires dans une rivière relativement étroite, il faut recourir à des moyens d'arrêt plus énergiques que les ancres et les chaînes.

A Nantes, le *Champlain*, long de 132 mètres, a pu être lancé avec une étendue



LE TRANSATLANTIQUE ANGLAIS « AQUITANIA » SUR SON BERCEAU DE LANCEMENT

Cette coque, longue de 270 mètres était calculée pour un déplacement de 53.000 tonnes. C'est avec le Vaterland, *l'*Imperator *et le* Bismark *allemands, la plus grande carène lancée à ce jour. Le poids au lancement atteignait 22.000 tonnes dont 1.200 tonnes pour le berceau, soit moins de 6 0/0 seulement.*



MISE A L'EAU DU « LUSITANIA » LE 7 JUIN 1906, A CLYDEBANK (ÉCOSSE)

On voit nettement ici comment la coque, rendue libre, glisse avec son berceau sur deux coulisses inclinées. Sur le sol sont disposés les câbles de retenue et les chaînes permettant d'obtenir l'arrêt du navire après un parcours limité qui ne devait pas dépasser, en aucun cas, une centaine de mètres au maximum.

d'eau de 240 mètres devant l'avant-cale. Un bouclier ou *masque* en madriers, offrant une surface de 40 mètres carrés, avait été construit à l'arrière, et sa puissance d'arrêt croissait pendant le lancement à mesure qu'il s'enfonçait dans l'eau. La coque, pesant 3.600 tonnes fut ainsi arrêtée en 70^{m}.

En Angleterre, on emploie surtout des freins de lancement constitués par des paquets de chaînes et par des *bosses cassantes.*

La *Lusitania*, construite sur les bords de la Clyde, à Clydebank, dans les chantiers John Brown, avait 240 mètres de longueur et pesait 16.000 tonnes. Grâce au fait que le confluent d'un petit affluent de la Clyde se trouvait en face de la cale, on parvint à ménager au navire un parcours de 366 mètres et il put être facilement arrêté au moyen de chaînes traînantes (voir photo ci-dessus).

Les bosses cassantes consistent en une série d'amarrages, dont la rupture successive est provoquée par la descente de la carène le long de la cale. La force vive acquise pendant le lancement, est ainsi absorbée petit à petit. Sur chaque bord, on frappe l'extrémité d'un câble, dit de retenue, dont l'autre bout, replié sur lui-même, est amarré à terre à un point fixe. Cette dernière partie du câble est reliée à une série de points fixes par de petits câbles nommés *bosses.* Quand le navire commence à descendre, il tend la première bosse, et celle-ci casse dès que l'effort dépasse sa capacité de résistance. La seconde bosse entre alors en jeu, puis casse, et ainsi de suite. L'arrêt se trouve ainsi gradué tandis qu'avec un gros filin unique, il serait trop brusque et la coque revenant en arrière, pourrait talonner sur l'avant-cale après lancement. Les câbles de retenue, au nombre de deux, quatre ou six, suivant l'importance de la coque, sont des grelins de chanvre ayant 200 mètres de longueur et 20 centimètres de diamètre, tandis que le diamètre des bosses ne dépasse guère huit millimètres pour les grands navires.

Dans les ports à marée, on fixe avec soin le jour et l'heure du lancement, en choisissant une marée assez forte pour assurer, au-dessus de l'extrémité de l'avant-cale, une hauteur d'eau supérieure d'environ un mètre

au tirant d'eau prévu pour l'avant du navire après le lancement On sera ainsi certain d'empêcher la coque de *saluer* par suite d'un déplacement anormal du point de pivotement théorique calculé par le constructeur.

La marée du lancement précédera de vingt-quatre à trente-six heures une marée maximum de vive-eau ; on pourra ainsi retrouver de suite des conditions favorables pour recommencer l'opération si celle-ci ne réussit pas ou si elle doit être retardée pour une raison majeure quelconque.

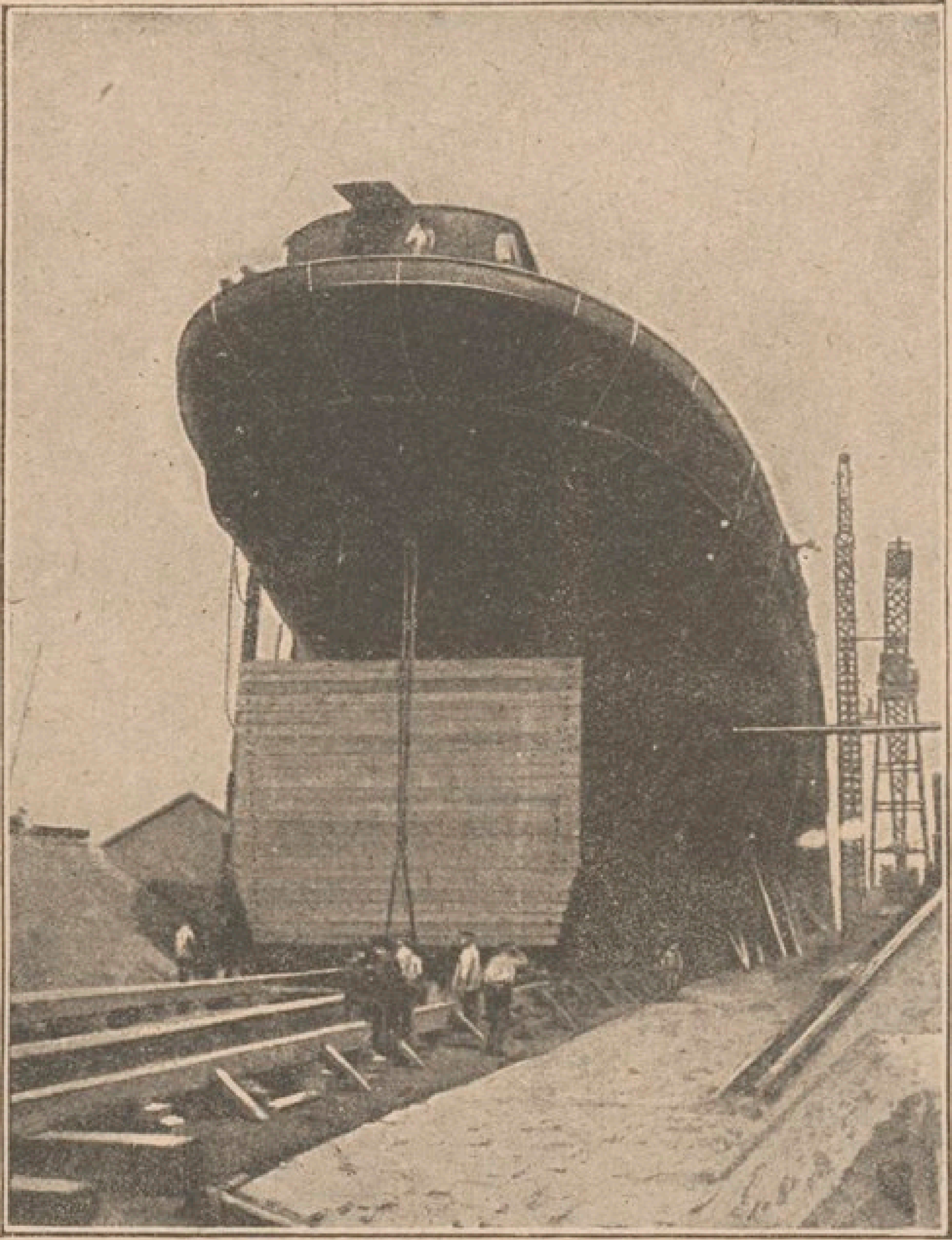
L'heure du lancement précédera d'environ trente minutes le moment de la pleine mer, afin qu'un retard imprévu dans les derniers préparatifs ne risque pas d'entraîner la remise de la mise à l'eau à la marée suivante.

Dès que le jour est fixé, on commence le montage du berceau et de ses accessoires. Souvent, on décore le bâtiment de pavillons variés et de guirlandes de feuillage, et l'on construit, sur le côté du chantier, des tribunes destinées aux spectateurs. En tête de la cale, sous l'étrave, est installée une passerelle transversale permettant à l'ingénieur dirigeant le lancement de surveiller soigneusement les manœuvres sur les deux bords.

La veille de la cérémonie, on enlève toutes les accores de soutien des fonds prenant appui sur la cale, et celles des extrémités avant et arrière. On conserve trois ou quatre rangées d'accores latérales qui sont abattues quelques minutes avant la mise à l'eau.

Il est indispensable que cette suppression ait lieu avec une régularité et avec une symétrie aussi grandes que possible, afin de ne pas troubler la position d'équilibre que la coque doit prendre sans secousse sur son berceau. On enlève simultanément deux accores de chaque bord, en opérant avec quatre escouades fortes de douze hommes.

Pour obtenir une symétrie parfaite des mouvements d'enlèvement, on exécute chaque phase d'une manœuvre sur un signal donné d'un poste dénommé *plateforme de lancement*, soit avec un clairon, soit au moyen d'un roulement de tambour.



LANCEMENT EN RIVIÈRE AVEC BOSSES CASSANTES ET « BOUCLIER » OU « MASQUE » DE RETENUE EN PLANCHES

Cette photographie représente le Champlain, *lancé à Nantes le 5 août 1913. La cale, inclinée à 7 0/0, était oblique à la Loire, mais le navire, long de 132*m *n'avait devant lui que 240*m *à parcourir. Pour l'empêcher de heurter le quai opposé, on avait construit à l'arrière un bouclier de 40 m. q. dont la puissance d'arrêt croissait à mesure que le navire s'enfonçait dans l'eau. On avait enfoui dans le sol du chantier des ancres de retenue dont les chaînes étaient munies de 120 bosses cassantes. Le* Champlain, *qui pesait 3.600 tonnes, ne parcourut que 70*m.

Quand les dernières accores ont été abattues, on enlève les clés ou les taquets servant de retenues de sécurité ainsi que les taquets de couette ou de savate. Tout le personnel doit avoir rallié les postes de lancement et on *largue*, c'est-à-dire que l'on supprime les dernières retenues telles que savate, saisines, clés, etc.

Il peut arriver que le navire, une fois rendu libre, ne glisse pas, même sous l'action des presses hydrauliques servant d'engins de poussée. Quelquefois aussi, il s'arrête

en chemin avant de flotter, parce que l'impulsion initiale a été insuffisante ou que le suiffage des coulisses est trop défectueux.

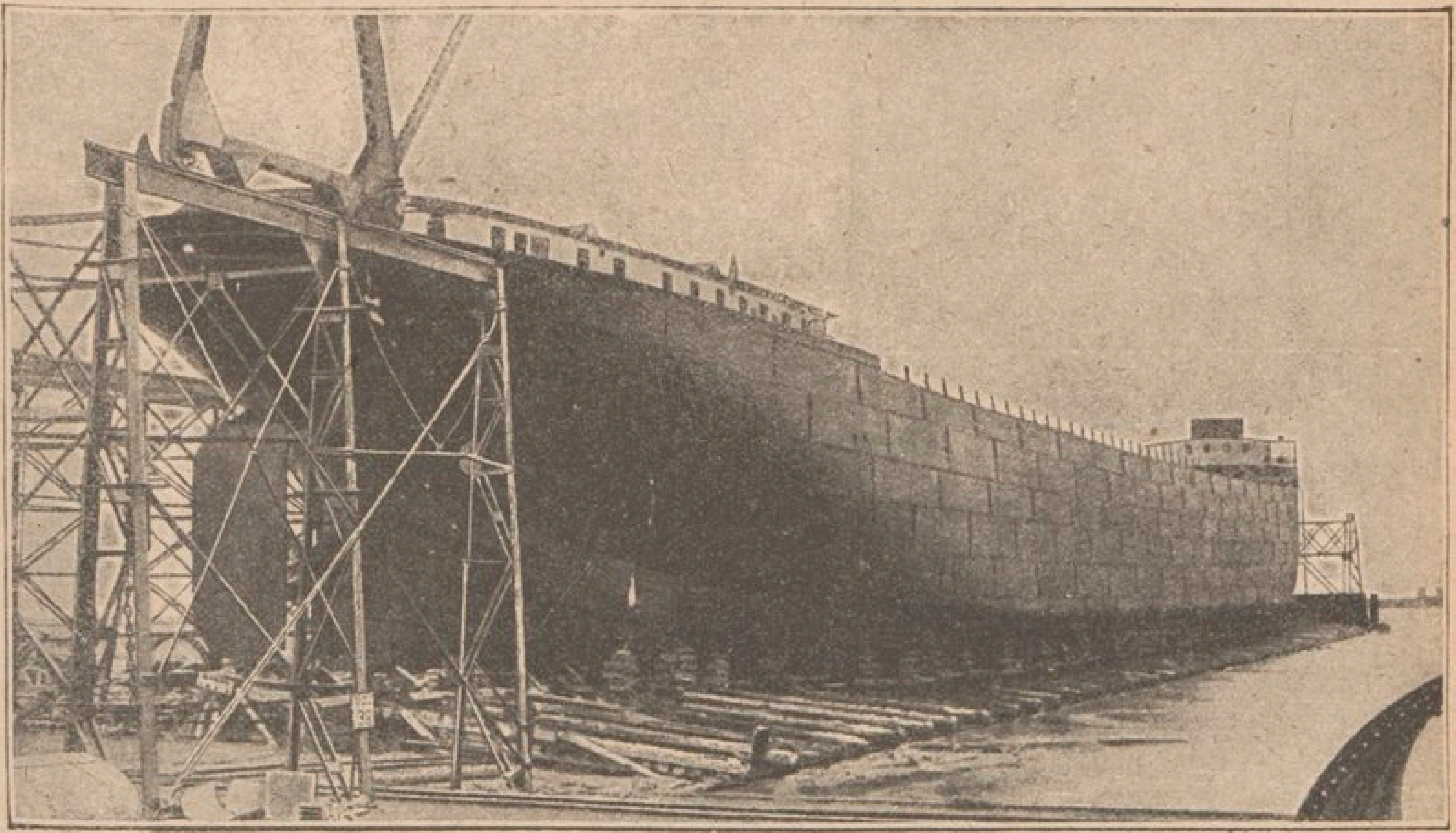
Un incident de ce genre peut mettre la coque dans une situation d'équilibre instable très dangereuse, et il faut être à même de pouvoir remettre rapidement en place un nombre d'accores solides suffisant pour empêcher le déversement complet sur un bord.

Le procédé de lancement en long par l'arrière est le plus généralement usité, mais il est inapplicable dans certains cas, notamment quand les chantiers sont situés sur le bord d'une rivière étroite où l'arrêt ne pourrait être obtenu assez vite pour empêcher le navire d'être avarié en butant sur la rive opposée, ce qui est arrivé quelquefois.

Cette difficulté peut être surmontée en construisant les coques parallèlement au rivage. Le lancement s'opère alors par le travers en faisant glisser la coque sur sa cale de bois inclinée, suivant une direction perpendiculaire au plan du maître-couple.

Brunel avait autrefois employé ce procédé pour le lancement de son fameux *Great Eastern*, parce qu'à cette époque il était tout à fait impossible de lancer en long un navire de cette longueur sans risquer de le voir se briser en deux lors du pivotement.

On dispose alors autant de coulisses qu'il en faut pour supporter le navire, c'est-à-dire à peu près tous les six à huit mètres. La pente peut être notablement augmentée et atteindre de 100 à 150 millimètres par mètre. La carène est supportée par une série de coussins de bois taillés suivant les formes des sections transversales, et reliés entre eux par des entretoises. Le tout repose sur des couettes dont la longueur atteint les neuf-dixièmes environ de la largeur du navire. On retient la coque au moyen de câbles ou saisines, fixés à deux couettes également distantes des extrémités et que l'on tranche au moyen de couteaux à déclic au moment du lancement. Cette méthode est très employée en Amérique par les chantiers situés sur les bords des Grands Lacs (photo ci-dessus). Notre photographie page 478 représente un lancement opéré par les chantiers anglais Cochrane, à Selby, sur les bords de la rivière Ouse.



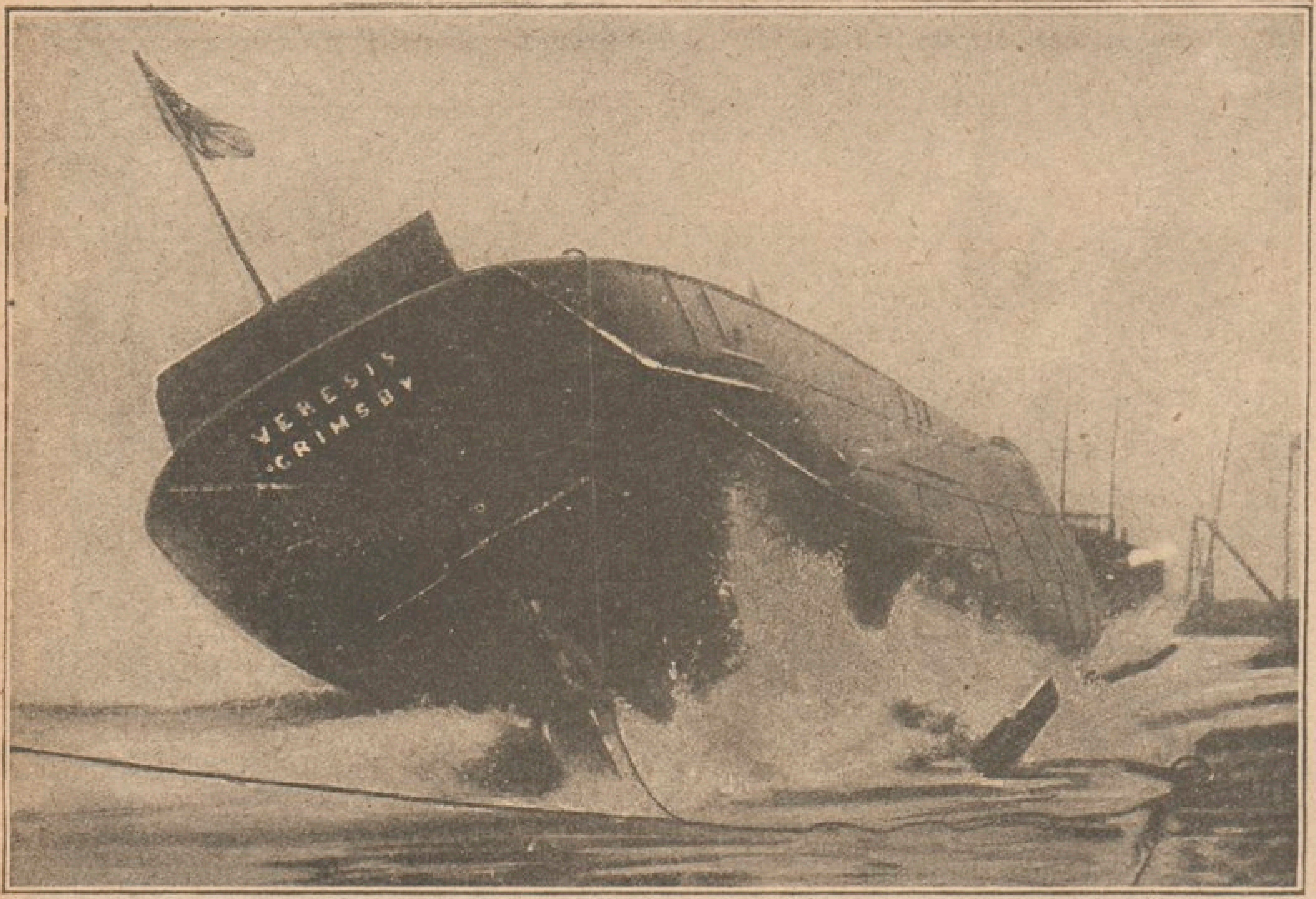
DISPOSITIF DE LANCEMENT PAR COTÉ DU « JAMES CARRUTHERS »

Ce navire de 158 mètres, déplaçant 10.000 tonnes, est destiné au transport du charbon, des minerais et des grains sur les grands lacs américains. Le lancement par le travers a eu lieu le 22 mai 1913, sans aucun incident, sur 48 coulisses parallèles en bois, disposées comme le montre la photographie.

Le chantier américain *Great Lakes Engineering Works* a lancé de ses cales d'Ecorse Yard un bâtiment de 180 mètres de long, le *William P. Palmer*, muni de sa machinerie complète et pesant environ 3.000 tonnes au moment de l'opération. La carène glissait sur une cinquantaine de coulisses écartées de 3 m. 60 d'axe en axe ; leur longueur était

de 17 mètres avec un équarrissage carré de 50 centimètres. La pente atteignait environ 105 millimètres par mètre. La difficulté de ce genre de lancement consiste à obtenir que les deux extrémités du bâtiment se mettent à glisser exactement au même moment et à maintenir l'axe longitudinal de la carène rigoureusement perpendiculaire aux coulisses pendant toute la durée de l'opération.

Le lancement par le travers est aussi usité en France, mais nos constructeurs mer. Chaque coulisse est prolongée par une autre dont la pente est plus forte et constituée par une série de pièces de bois soutenues par des accores dont le montage et le graissage s'effectuent à marée basse, avant le lancement qui doit, au contraire, avoir lieu au moment d'une grande marée. Sur les coulisses inclinées repose un traîneau en charpente ayant la forme d'un prisme triangulaire et dont les poutres supérieures prolongent exactement les coulisses horizontales éta-



LANCEMENT PAR COTÉ D'UN CARGO-BOAT CHARBONNIER EN RIVIÈRE

Ce bâtiment a été construit en Angleterre par les chantiers Cochrane, situés à Selby, sur les bords de la rivière Ouse. Le procédé est le même que celui dont la photographie de la page précédente représente les préparatifs dans un chantier très important situé sur la rive d'un des plus grands lacs américains.

préfèrent n'y avoir recours qu'à la dernière extrémité, et, même sur la Seine, on lance en long, suivant une direction oblique au courant, en s'assurant de puissants moyens d'arrêt qui permettent d'éviter tout accident.

Quand il s'agit de bâtiments d'un poids modéré, on peut employer un système économique adopté par les chantiers Normand, du Havre, pour la mise à l'eau des torpilleurs.

La coque est alors construite à terre, sur une ligne de tins ordinaire, horizontale ou à peu près, de part et d'autre de laquelle on établit deux coulisses formées chacune par une longrine très faiblement inclinée vers la blies à terre. Ce traîneau est retenu par des saisines et le torpilleur repose sur un berceau constitué par des coussins taillés suivant le profil des couples successifs et reliés entre eux par des entretoises longitudinales.

Avant le lancement, on fait glisser au moyen de vérins le torpilleur et son berceau de manière à faire reposer celui-ci sur le traîneau. Le traîneau est lesté et il ne reste plus qu'à attendre la haute mer pour larguer les saisines. Le torpilleur se met alors à flotter sans avoir à pivoter, et on arrête le traîneau au moyen de plusieurs câbles de retenue.

F. DUPRÉ-GILLARD.

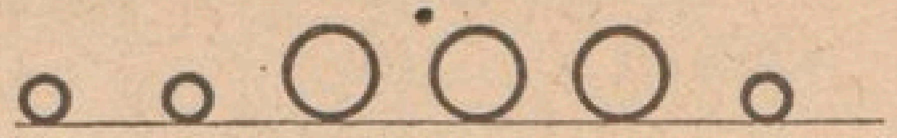
CLASSIFICATION DES LOCOMOTIVES PAR LE SYSTÈME WHYTE

Par Alphonse CURLY

On voit circuler depuis quelque temps sur les voies ferrées françaises un grand nombre de locomotives américaines transportant vers le front les Yanks et leurs ravitaillements Il nous a paru intéressant, à ce propos, de donner ici la manière d'identifier ces locomotives au moyen des tableaux usités en Amérique à cet effet.

Le système de classification Whyte, dont nous donnons ci-dessous un exemple, est devenu d'un usage universel aux Etats-Unis, où il a été adopté par l'Association des Ingénieurs de la Traction des Compagnies de chemins de fer (Master Mechanics).

Des *symboles* chiffrés et des dénominations, clairement expliquées par des croquis schématiques, montrent la disposition des roues motrices ou des roues porteuses de chaque type de locomotive considéré.

SYMBOLE	DISPOSITION DES ROUES	DÉSIGNATION
4-6-2		Pacific

EXEMPLE D'EMPLOI DU SYSTÈME WHYTE POUR LA DÉSIGNATION DES LOCOMOTIVES

Le symbole 4-6-2, expliqué par le schéma placé à droite, signifie que cette locomotive express, dénommée Pacific *aux Etats-Unis, comporte six roues motrices accouplées de grand diamètre avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. Ce type de machine est très employé en France et sur un grand nombre de réseaux européens pour la traction des trains express de voyageurs, qui sont généralement composés de grandes voitures de fort tonnage.*

La classification système Whyte a reçu également de nombreuses applications en Europe, notamment en ce qui concerne l'usage des symboles chiffrés. Certaines dénominations, telles que «Atlantic», «Pacific», ont même été adoptées presque sans traduction, surtout depuis que des constructeurs américains ont fourni une quantité considérable de locomotives aux puissances de l'Entente, ainsi qu'aux Etats neutres.

Toute locomotive peut être regardée comme étant supportée par trois catégories de roues, à partir de la cheminée : des roues porteuses avant, des roues motrices accouplées ou non et des roues porteuses arrière. Dans le système de représentation Whyte, chaque genre de roues est représenté par un chiffre séparé du suivant par un trait. Ainsi, par exemple, une locomotive express du type le plus récent des compagnies françaises (Pacific) comporte un boggie à quatre roues à l'avant, trois paires de roues motrices accouplées au milieu et une paire de roues porteuses à l'arrière. Le symbole représentatif de cette machine est dans le système Whyte : 4-6-2. Cette méthode est générale, car elle permet de représenter tous les types de tracteurs à vapeur, électriques ou autres, quel que soit le nombre des roues motrices et des roues porteuses. Quand une catégorie de roues manque, cette particularité est signalée par un zéro ; ainsi, une locomotive de manœuvre d'usine ou de gare, qui n'a que quatre roues motrices et aucune roue porteuse, a pour symbole 0–4–0.

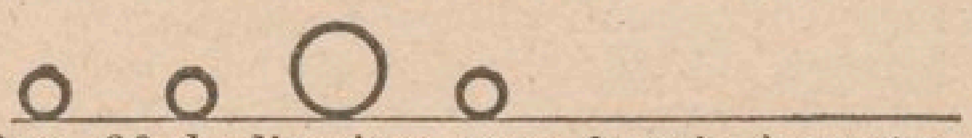
Certains autres systèmes de classification et de dénomination des locomotives (en général d'origine allemande), s'appuyaient, non pas sur la considération du nombre de roues de chaque espèce, mais sur la disposition et sur le nombre des essieux. Dans ce dernier cas, il est difficile de désigner d'une manière simple les essieux moteurs et couplés, ce qui a fait abandonner complètement ce mode de dénomination.

Les noms que l'on a donnés aux divers types de machines américaines sont tirés de leur emploi, de leur nombre de roues ou du nom de leur inventeur. Quelques-uns de ces noms ne présentent aucun rapport avec la machine qu'ils désignent. Dans les deux tableaux suivants sont classées un grand nombre de locomotives en service sur les chemins de fer du monde entier, la cheminée étant toujours supposée orientée vers la gauche. On n'a pas tenu compte ici des machines de manœuvre, qui ne circulent que sur les voies de garage, ni des locomotives tenders de banlieue et autres, ni, enfin, des machines Mallet

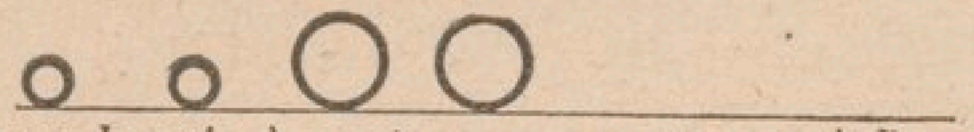
LOCOMOTIVES A VOYAGEURS (GRANDES LIGNES, TENDER SÉPARÉ)

Diamètre des roues motrices : de 1 m. 75 à 2 mètres

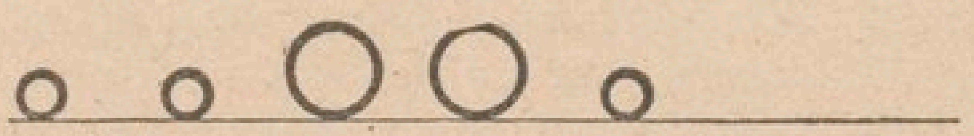
SYMBOLE — DISPOSITION DES ROUES — DÉSIGNATION DES TYPES

4-2-2 

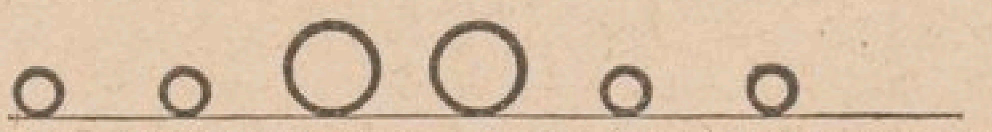
Bicycle. — *Locomotive à voyageurs à une seule paire de roues motrices de 2 m. 30 de diamètre, avec boggie à quatre roues à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. Cette classe de locomotives à très grande vitesse a, aujourd'hui, totalement disparu parce que l'emploi d'une seule paire de roues motrices ne permettait pas de réaliser un poids adhérent suffisant pour la traction des trains lourds.*

4-4-0 

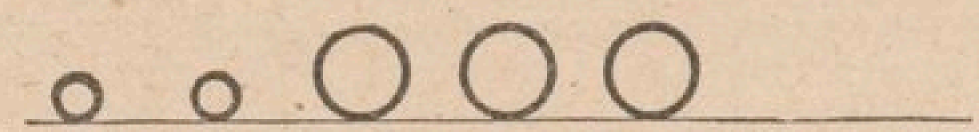
American. — *Locomotive express à quatre roues motrices accouplées, avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant. Les locomotives de ce type, très en faveur vers 1889, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe et dans les autres parties du monde, tendent également à disparaître à cause de leur faible effort de traction. Ce furent les premières locomotives à boggie mises en service sur le continent européen.*

4-4-2 

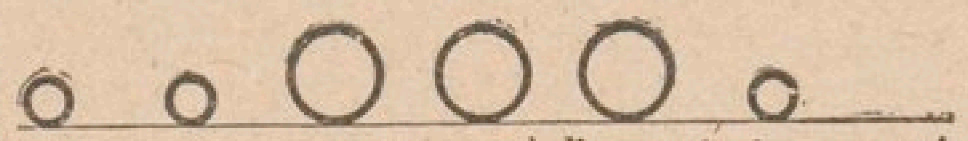
Atlantic — *Locomotive express à quatre roues motrices accouplées, avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. Cette locomotive dérive directement de la précédente par l'addition d'un essieu porteur à l'arrière, permettant d'allonger la chaudière et le foyer. L'augmentation rapide du poids des trains n'a pas tardé à rendre les « Atlantic » insuffisantes, même en Europe.*

4-4-4 

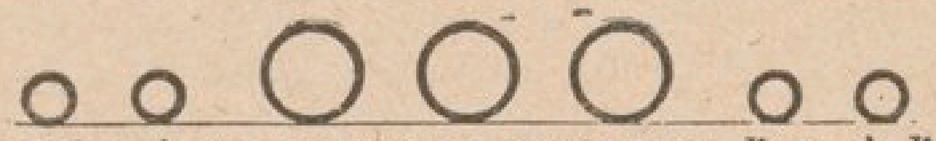
Reading. — *Locomotive express à quatre roues motrices accouplées avec deux boggies à quatre roues, l'un à l'avant, l'autre à l'arrière. Ce type, peu répandu, avait été créé par la compagnie américaine du Philadelphia & Reading Railroad. Les roues motrices supportaient 66 tonnes sur 105 tonnes que pesait la machine, ce qui est exagéré pour des roues de 2 m. 03 de diamètre, adoptées en vue de très grandes vitesses.*

4-6-0 

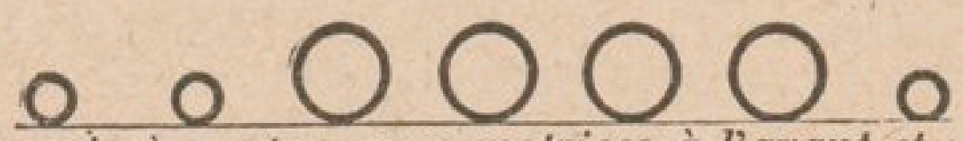
Ten Wheeler. — *Locomotive express à six roues motrices accouplées, avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant. Ce modèle a été reproduit à un nombre incalculable d'exemplaires sur toutes les voies ferrées du monde à partir de 1900. En Europe, on a construit des modèles à grandes roues motrices pour le service des voyageurs et des modèles à roues motrices plus petites pour le service des marchandises.*

4-6-2 

Pacific. — *Locomotive express à six roues motrices accouplées, avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. Ce type dérive de l' « Atlantic » par l'addition d'une troisième paire de roues motrices. C'est la machine express qu'emploient actuellement toutes les administrations de chemins de fer du monde entier pour la traction des trains de voyageurs rapides et chargés.*

4-6-4 

Baltic. — *Locomotive express à six roues motrices accouplées avec deux boggies à quatre roues porteuses, l'un à l'avant et l'autre à l'arrière. Ce type de machine n'est guère représenté en Europe. Il existe en France deux locomotives « Baltic » construites, pour essais, pour la Compagnie du Nord, quelque temps avant la guerre, et dont l'une avait été munie d'une forte chaudière à tubes d'eau.*

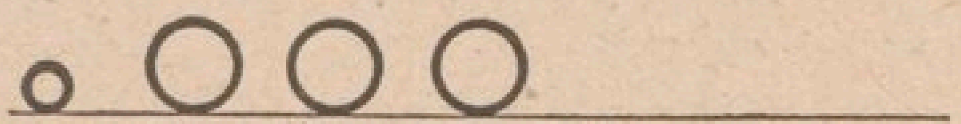
4-8-2 

Mountain. — *Locomotive à voyageurs à huit roues motrices accouplées avec boggie à quatre roues motrices à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. C'est le type le plus puissant de locomotives à voyageurs en service aux Etats-Unis. D'ailleurs, on ne pourrait sans inconvénient, augmenter par l'addition d'un cinquième essieu moteur l'empattement rigide déjà considérable de cette locomotive express.*

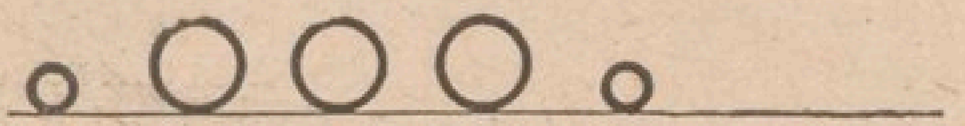
LOCOMOTIVES A MARCHANDISES (GRANDES LIGNES, TENDER SÉPARÉ)

Diamètre des roues motrices : de 1 m. 40 à 1 m. 60

SYMBOLE — DISPOSITION DES ROUES — DÉSIGNATION DES TYPES

2-6-0 

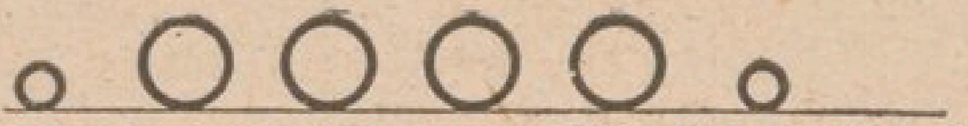
Mogul. — *Locomotive à marchandises à six roues motrices accouplées avec essieu articulé Bissel à deux roues porteuses à l'avant. Cette machine, qui dérive des anciennes locomotives à marchandises à six roues accouplées (0-6-0) par l'addition d'un essieu porteur à l'avant, a été pendant longtemps le type classique de la machine à marchandises américaine. Il y en a encore en service aux Etats-Unis.*

2-6-2 

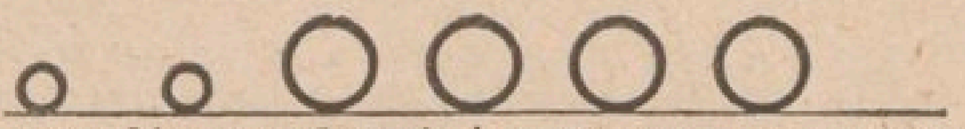
Prairie. — *Locomotive à marchandises à six roues motrices accouplées, avec essieu articulé Bissel à deux roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. Cette machine dérive de la précédente par l'addition d'un essieu porteur à l'arrière. Elle est surtout répandue, comme son nom l'indique, sur les lignes qui sillonnent les immenses étendues du Far-West américain à l'ouest de Chicago.*

2-8-0

Consolidation. — *Locomotive à marchandises à huit roues motrices accouplées avec essieu Bissel à deux roues porteuses à l'avant. C'est la machine à marchandises américaine type pour la traction des trains de poids modéré sur les lignes de niveau. On en rencontre aujourd'hui de nombreux exemplaires en France. Elle dérive directement de notre machine française à quatre essieux moteurs (0-4-0).*

2-8-2 

Mikado. — *Machine mixte, mais plus généralement à marchandises, à huit roues motrices accouplées avec essieu Bissel à deux roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. C'est une machine « Consolidation » dont le foyer est placé au-dessus d'une paire de roues porteuses. Ce modèle, très répandu aux Etats-Unis, a été vendu également en très grand nombre dans le monde entier.*

4-8-0 

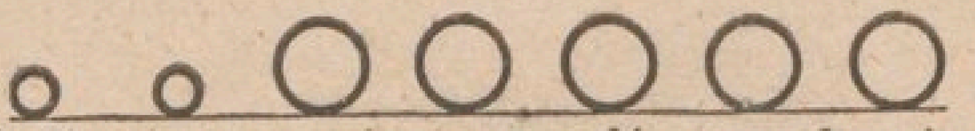
Twelve Wheeler. — *Locomotive à marchandises à huit roues motrices accouplées avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant. Ce dispositif est moins avantageux que le précédent, car le foyer n'est pas supporté comme dans les « Mikado », ce qui constitue un grave inconvénient puisqu'on ne peut employer une très grande chaudière capable de fournir la quantité de vapeur nécessaire aux cylindres.*

2-10-0

Decapod.—*Autre locomotive à marchandises à dix roues motrices accouplées avec essieu Bissel à deux roues porteuses à l'avant. Cette puissante machine à marchandises est assez répandue aux Etats-Unis ainsi que la suivante, mais elle circule difficilement dans les courbes à cause de son empattement rigide trop important. On a construit en Angleterre quelques machines « Decapod » du type 0-10-0.*

2-10-2

Santa Fe. — *Machine à marchandises à dix roues motrices accouplées avec essieu Bissel à deux roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. C'est un type « Decapod » renforcé dont le foyer est supporté par une paire de roues porteuses. Les « Santa Fe » sont avantageusement remplacées par des locomotives articulées Mallet, qui ont un grand foyer et une très puissante chaudière.*

4-10-0 

Mastodon.—*Locomotive mixte, mais plus généralement à marchandises, à dix roues motrices accouplées avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant. Ce modèle est très peu représenté à cause de la difficulté de son passage dans les appareils de voies et surtout parce que la suppression de l'essieu porteur arrière gêne l'installation d'un foyer profond correspondant à l'importance de la chaudière.*

articulées dont il existe une douzaine de variétés en service dans le monde entier.

On remarquera que le système de notation n'indique pas si la machine considérée est munie ou non d'un tender séparé ni si elle est destinée à la traction des voyageurs ou à un autre service. Certains techniciens ont proposé de faire suivre le symbole des roues de la lettre T pour les machines non attelées à un tender séparé. Cette complication a toujours été jugée inutile aux Etats-Unis.

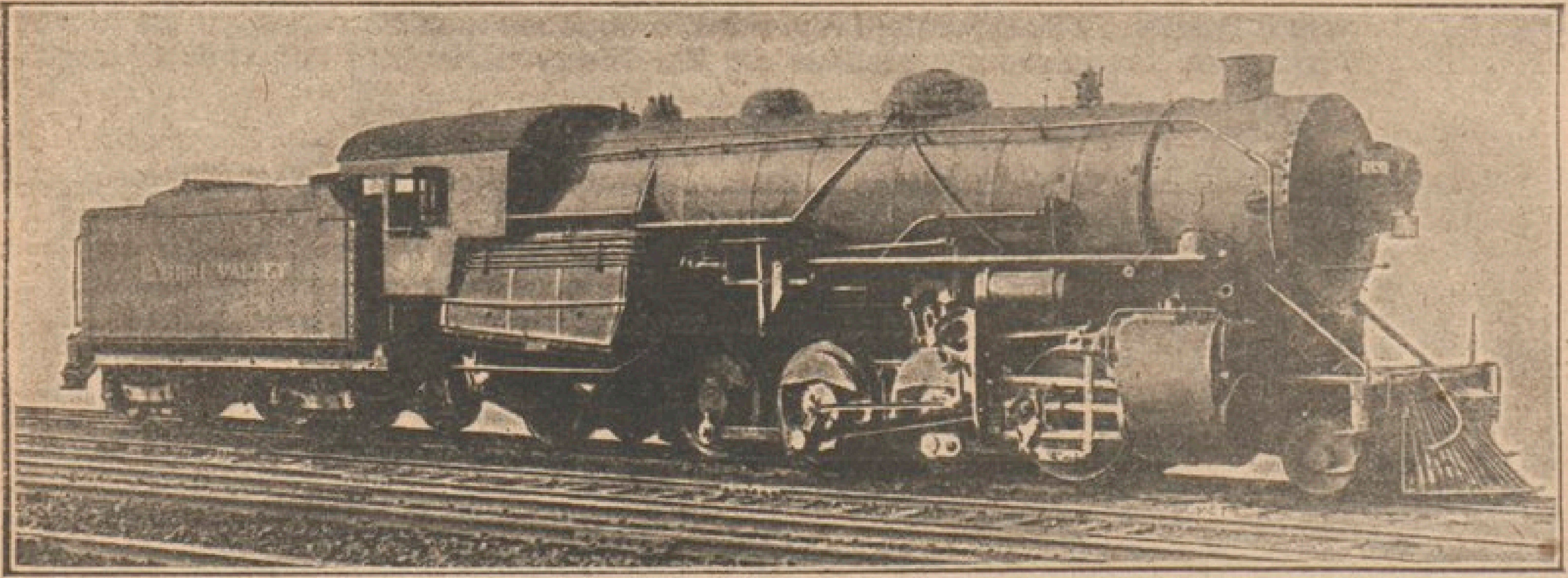
En effet, si l'on était entré dans la voie de l'indication des détails de construction et d'application, il eût fallu faire suivre le symbole des roues d'une nombreuse série de lettres et de chiffres : V pour les machines à voyageurs, M, pour celles des trains de marchandises, C, pour les locomotives compound, etc. C'est ce que les Allemands ont tenté de faire, sans grand succès du reste.

La locomotive dite *Bicycle* (4-2-2), à une seule paire de roues motrices de grand diamètre avec boggie à quatre roues à l'avant et essieu porteur à l'arrière, qui était autrefois très usitée pour les trains rapides, a presque complètement disparu aujourd'hui. Les chemins de fer anglais ont été les derniers à employer ce genre de machines.

La locomotive à quatre roues, accouplées avec quatre roues à l'avant, autrefois très employée par nos compagnies françaises (1889) pour la traction des trains express, correspond au type dit « American » (4–4–0).

La même machine, munie de deux roues de support à l'arrière, s'appelle une « Atlantic ». Ce dernier type est également très répandu en Europe, de même que la « Pacific », qui est une locomotive à six roues motrices avec boggie à quatre roues porteuses à l'avant et une paire de roues porteuses à l'arrière. (Schéma à la page 479.)

Les trains de marchandises américains de faible tonnage sont remorqués par des locomotives type « Mogul », à six roues motrices, avec deux roues porteuses à l'avant, montées sur un essieu Bissel (2–6–0). On a recours pour les trains plus lourds aux machines « Consolidation », à huit roues motrices accouplées avec bissel à deux roues à l'avant (2–8–0), et même à des « Decapod » et à des « Santa Fe » qui ont les premières dix roues motrices accouplées avec essieu Bissel à l'avant (2–10–0) et les secondes dix roues motrices entre deux essieux (2-10-2). En Europe, on emploie ces catégories de machines avec ou sans essieu porteur à l'avant. Les compagnies françaises ont actuellement en service un grand nombre de machines « Consolidation » qui rendent de grands services, notamment pour la re- morque des convois militaires.



MACHINE A MARCHANDISES « MIKADO », DU LEHIGH VALLEY RAILROAD

Cette imposante locomotive pèse, sans son tender, 146.000 kilogrammes. Elle repose sur douze roues dont deux porteuses à l'avant (essieu Bissel), huit motrices au milieu et deux porteuses à l'arrière. La formule Whyte donne donc le symbole 2-8-2 pour la désignation de cette machine.

La classe « Mikado » (2–8–2), à quatre roues motrices accouplées, avec paire de roues porteuses à l'avant et à l'arrière, est très répandue, tandis que les types « Mastodon » et « Centipede », qui ont respectivement dix et douze roues motrices accouplées, sont d'un emploi tout à fait exceptionnel.

En résumé, on a mentionné seize dispositions différentes de roues motrices ou porteuses qui ont été relevées sur des machines en service aux Etats-Unis ou sur des locomotives vendues à des compagnies étrangères par des constructeurs américains.

ALPHONSE CURLY.

NOS BATEAUX FRIGORIFIQUES

Par Gabriel SURDONT

La guerre, qui aura été une grande éducatrice, nous a révélé les nombreuses faiblesses de la plupart de nos organisations industrielles ou commerciales. La marine marchande ne fut pas la dernière à témoigner de son insuffisance et aussi de l'imprévoyance notoire de ses dirigeants.

On nous a déjà cité le cas des bateaux-citernes, des « tank-steamers », dont nous ne possédions que quelques rares unités, d'un tonnage réduit, au moment où le ravitaillement en essence et pétrole devait être décuplé ; et on a appris, détail regrettable, que nos raffineurs, propriétaires de bateaux-citernes, les faisaient naviguer sous le pavillon de compagnies anglaises, afin de se soustraire à l'inscription maritime. Si bien que le gouvernement de la Grande-Bretagne, au début des hostilités, réquisitionna, pour ses besoins personnels, une flotte qui appartenait à des négociants français et qu'il fallut lui demander de nous prêter ce qui, en réalité, était notre propriété. Heureusement, en l'occurrence, il s'agissait d'un allié, qui finit par s'exécuter.

Notre situation était aussi peu brillante en ce qui concerne le transport des viandes frigorifiées. Quelques chiffres suffiront à nous fixer. En 1914, la flotte frigorifique française comptait, en tout et pour tout, cinq navires pouvant porter chacun 1.200 tonnes de viande, tandis que la marine marchande britannique possédait deux cents navires d'une capacité frigorifique totale de 400.000 tonnes, et dont les plus grands pouvaient emmagasiner dans leurs cales un poids de viande de 3.800 tonnes, ce qui représente le chiffre véritablement colossal de 13.000 bœufs.

Elle n'est pourtant pas née d'hier l'idée de transporter des viandes frigorifiées ; bien mieux, c'est un ingénieur français, Charles Tellier, qui, le premier, songea à préserver la viande de toute décomposition en la soumettant au froid, et mettant son idée en pratique, il équipa, en 1876, à Rouen, un navire qu'il

LE NAVIRE FRIGORIFIQUE FRANÇAIS « BELLE-ISLE », DANS LE PORT DU HAVRE

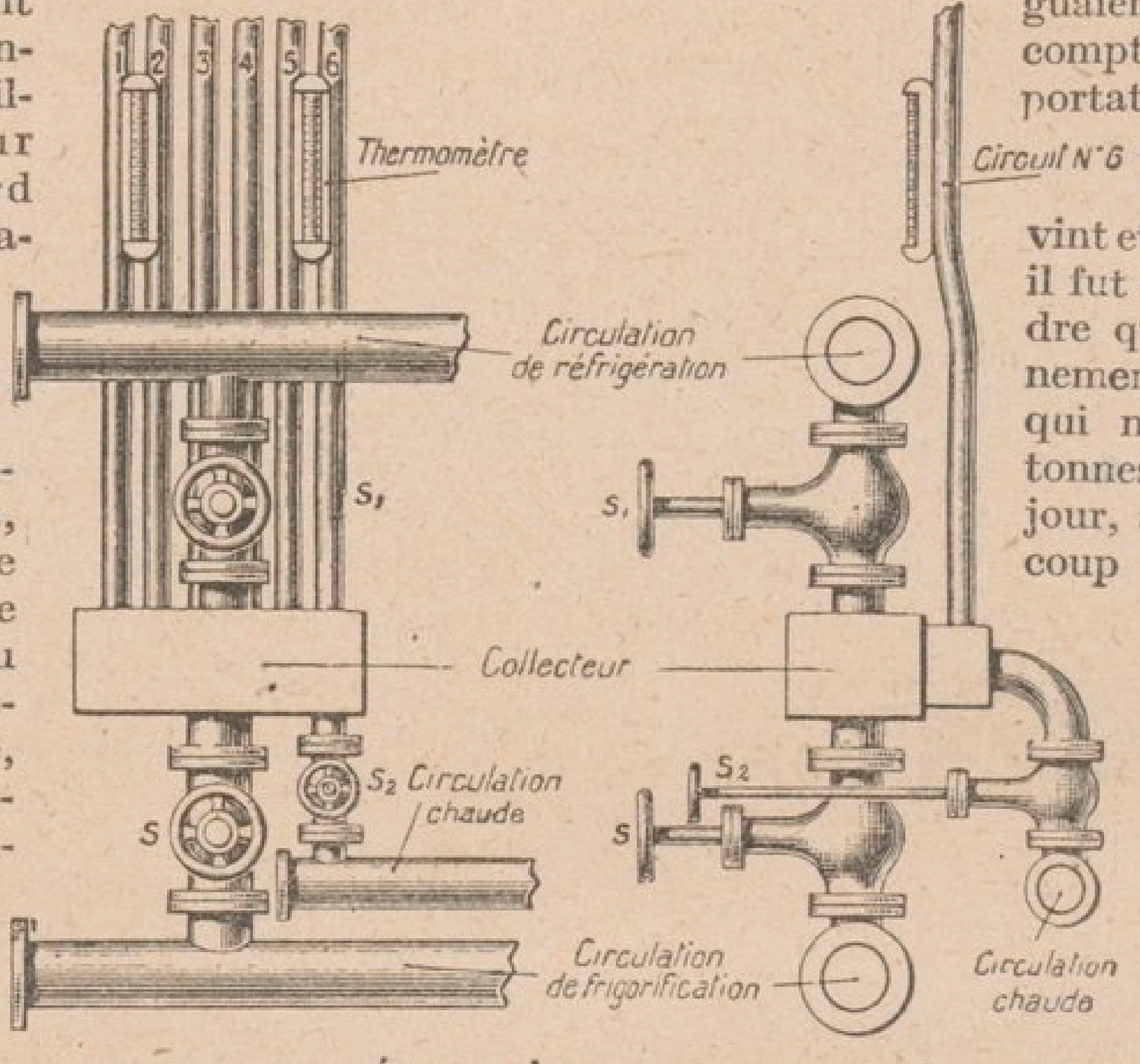
Ce bateau, spécialement aménagé pour le transport des viandes et dont les flancs ont été camouflés, se prépare à faire son premier voyage sur la côte américaine, d'où il rapportera un fort chargement.

baptisa le *Frigorifique*, et qu'il aménagea spécialement pour expérimenter son procédé. En passant au Havre, on embarqua dans les cales étanches une certaine quantité de bœufs, de moutons, de porcs, de la volaille et du gibier. A la première escale, qui eut lieu, dix jours plus tard, à Lisbonne, on servit, dans un grand dîner, quelques-unes de ces viandes, qui furent trouvées exquises. Trois mois plus tard, après un voyage tourmenté, on arrivait à Buenos-Ayres où, nous dit un des voyageurs qui prirent part à l'expédition, avant même que les ancres soient mouillées, un vapeur amenait à bord le ministre de la Marine, anxieux de savoir en quel état était la cargaison. Il la goûte au déjeuner, s'extasie, et, le soir même, une entrecôte, exposée dans la vitrine du premier restaurateur de la ville, provoqua un formidable rassemblement.

Le succès fut tel que les grands éleveurs de la région, voyant dans ce procédé un débouché énorme pour la vente de leurs troupeaux, offrirent à Tellier son chargement de retour. Malgré une traversée de cent jours, ces viandes arrivèrent encore en bon état et parfaitement propres à la consommation. Un ou deux autres voyages suivirent, les années suivantes, qui donnèrent d'aussi bons résultats. Mais, en France, la fortune luit rarement pour les précurseurs ; Charles Tellier ne fut pas plus heureux que les autres ; et c'est entre des mains étrangères que devait tomber le bénéfice considérable de l'industrie créée et expérimentée avec succès par un ingénieur français.

L'Angleterre fut la première à en tirer parti, et sa flotte spéciale se développa rapidement, au point de rapporter dans ses ports, chaque mois, près de 45.000 tonnes. Cela prouve le succès obtenu par la viande frigorifiée auprès de la population de la Grande-Bretagne, alors que chez nous, au contraire, une sorte de préjugé, qu'il serait utile de déraciner, semble s'opposer jusqu'à maintenant au développement de cette industrie.

C'est sans doute à cette répulsion, plus ou moins justifiée, du goût français pour la viande conservée par le froid qu'il faut attribuer le désintéressement de notre marine marchande pour ce genre de transports. Nous possédions, avant la guerre, comme nous le disons plus haut, cinq bateaux seulement, transformés en frigorifiques, qui naviguaient surtout pour le compte de certains importateurs anglais.



COLLECTEUR DE DÉPART D'UNE CALE AVEC SIX CIRCUITS

A l'aide des soupapes S, S_1 *et* S_2, *on peut laisser passer dans les circuits, soit le liquide très froid de frigorification, soit le liquide moins froid de réfrigération, soit enfin le liquide déjà réchauffé.*

Cependant, la guerre survint et, en peu de temps, il fut aisé de comprendre que l'approvisionnement de nos armées, qui nécessitait 1.500 tonnes de viande par jour, allait porter un coup mortel à notre troupeau national, qui, dès le mois de mai 1915, se trouvait déjà diminué de 2.500.000 têtes. Il fallut donc, pour sauvegarder notre cheptel, avoir recours aux bœufs américains, que le gouvernement anglais s'engagea à nous amener à raison de 15.000 tonnes par mois ; et, en même temps, on mit en chantier cinq grands transporteurs, construits et aménagés spécialement en vue du transport des viandes frigorifiées. Le premier de ces navires, le *Belle-Isle*, portant le pavillon de la Compagnie des Chargeurs Réunis, a pris la mer dans la seconde quinzaine de septembre. C'est lui qui nous servira de modèle pour la description que nous allons faire d'un navire frigorifique français.

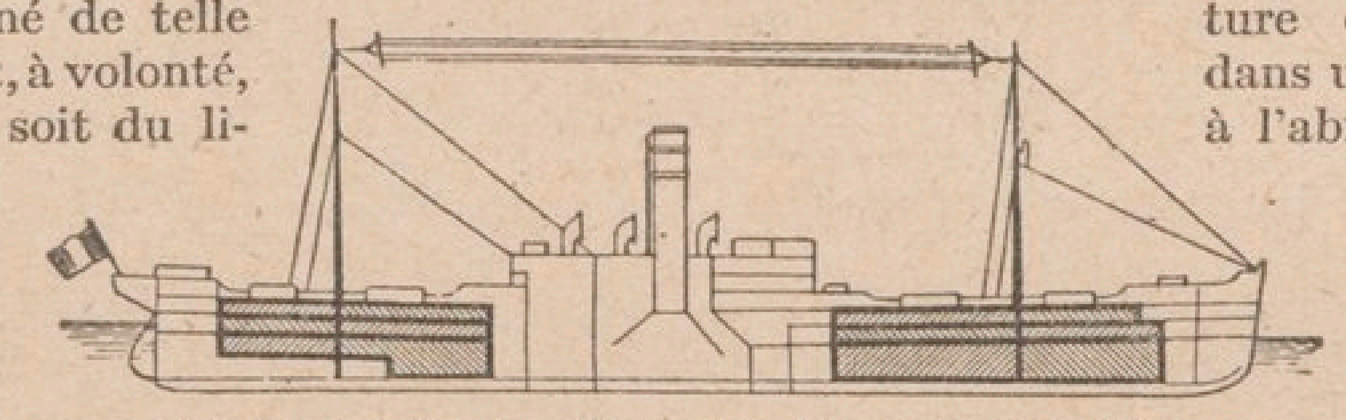
Le *Belle-Isle*, qui mesure 152 mètres de long, est un bateau mixte, à deux hélices, aménagé pour recevoir 780 passagers, dont 650 d'entrepont, 3.100 mètres cubes de marchandises générales et 8.200 mètres cubes de produits frigorifiés, répartis dans quatre grandes cales et deux entreponts spéciaux.

Le froid est produit par une usine frigori-

fique installée dans un compartiment spécial du navire et comportant une machine horizontale duplex à acide carbonique, deux évaporateurs, un groupe de pompes destinées à la circulation du liquide incongelable dans les serpentins des cales et entreponts, un tuyautage de distribution de ce liquide incongelable comportant environ 30.000 mètres de tuyaux et une batterie particulièrement importante de robinets de manœuvre.

L'usine comporte également une machine frigorifique d'une puissance moindre pour le fonctionnement des six chambres frigorifiques recevant les provisions du bord et le menu fret frigorifié (poisson, viande, fromage, beurre, légumes ou fruits).

Le tuyautage qui dessert les cales et entreponts est combiné de telle sorte qu'on peut, à volonté, y faire circuler soit du liquide à très basse température pour la conservation de la viande congelée, soit du liquide à température moyennement basse pour la conservation de la viande refroidie, soit du liquide chaud pour dégeler convenablement les tuyautages.



VUE EN COUPE D'UN BATEAU FRIGORIFIQUE

Les parties ombrées représentent les cales et entreponts réservés aux produits, viandes et denrées soumis au froid. Le reste est occupé par les machines qui actionnent le bâtiment, et le logement des passagers et par les divers postes de l'équipage.

Les viandes, en effet, peuvent se conserver de deux façons, réfrigérées ou congelées. Dans le premier cas, on abaisse, dans les cales, la température à — 1° environ, ce qui suffit pour empêcher toute décomposition pendant deux ou trois semaines, sans produire aucune congélation, même superficielle, et en conservant à la viande son aspect de fraîcheur.

Dans le second cas, où il s'agit de viande frigorifiée ou congelée, la température est amenée à — 12° et — 14°, bien que, théoriquement, un froid de —7° soit suffisant pour conserver la viande indéfiniment ; mais il faut prévoir le cas d'un accident dans l'installation de l'appareil frigorifique, machine ou canalisation. Il convient alors d'avoir un excédent de froid plus ou moins considérable qui donnera le temps de faire la réparation nécessaire avant que la température soit ramenée à 7° au-dessous de zéro.

Il est bien entendu que les viandes, préparées en vue du transport par navire frigorifique, doivent être saines et de parfaite qualité, les basses températures n'ayant pas le pouvoir d'arrêter une putréfaction déjà commencée. C'est donc dans des usines spéciales que les animaux, examinés soigneusement, sont abattus, puis coupés en quartiers, que l'on sèche dans des salles d'essorage, et que l'on refroidit ensuite lentement. On les emballe enfin dans des enveloppes de coton qui les préservent de la moisissure et on les transporte dans les cales des navires d'où ils ne sortiront que pour passer directement dans des salles de conservation installées sur les quais, le plus près possible du lieu de débarquement, et de là, chez le débitant au détail. Il importe que, dans ces diverses manutentions inévitables, parfois longues, la viande frigorifiée reste le moins longtemps possible en contact avec l'air libre.

Il n'est pas inutile d'ajouter que le dégel avant la cuisson peut se faire à la température extérieure, mais dans un endroit sec et à l'abri du soleil. Peu à peu la viande reprend son aspect primitif, sa couleur rouge ; le suc apparaît à la surface et ce moment est le plus favorable à la cuisson.

L'air libre, à température normale, étant donc l'ennemi d'une longue conservation de la viande, il s'ensuit que l'étanchéité la plus complète des cales dans lesquelles elle est emmagasinée est la condition essentielle d'un navire frigorifique. Pour cela, des dispositifs ont été imaginés et des installations transformant en quelque sorte l'intérieur du navire en un vase-clos, ont été conçues, dont nous emprunterons en partie la description à l'ouvrage de M. Bataille, lieutenant de vaisseau, qui, ayant commandé des navires frigorifiques et présidé à leur installation, a pu étudier de près et utilement la question.

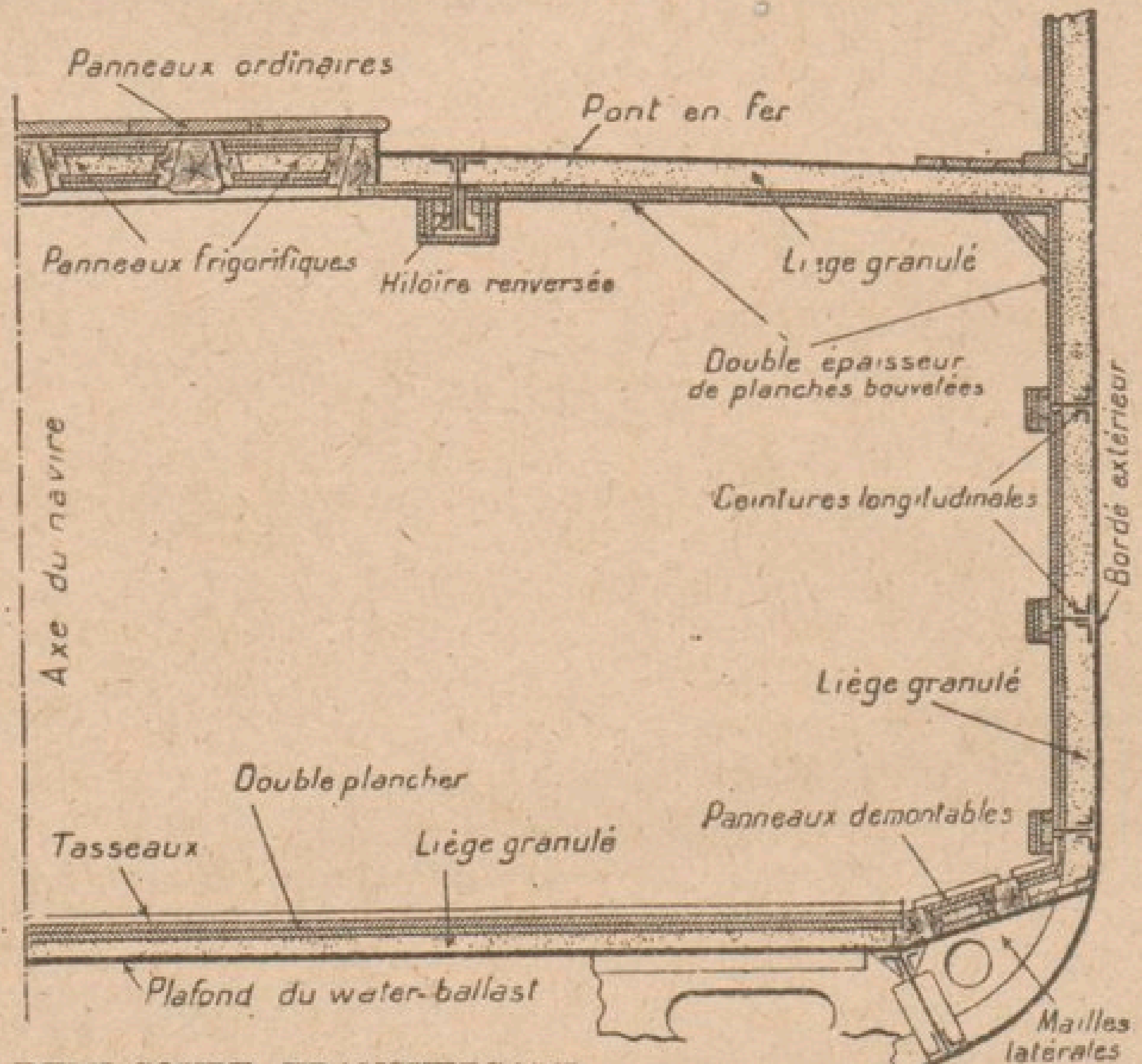
En principe, le navire frigorifique comprend, sur toute la surface de ses murailles, de ses membrures, de ses ponts et de son épontillage, une épaisse enveloppe parfaitement isolante ayant pour but essentiel d'empêcher la déperdition du froid

Cette enveloppe est formée par une double coque en bois retenant, à environ 25 centimètres de distance de la coque métallique, une substance isolante, généralement du liège granulé. Les panneaux de fermeture des cales sont eux-mêmes des boîtes isolantes et les cales, une fois fermées, se trouvent parfaitement soustraites à tout contact avec l'air

extérieur. Sur le revêtement intérieur de bois qui limite l'isolant, sont posés, en quantité considérable, des tubes creux où circule une solution glacée provenant de la chambre des machines frigorifiques. De la perfection de l'isolement dépend la constance du froid dans les cales, quelle que soit la température extérieure des pays chauds de l'Amérique du Sud ou des latitudes tropicales que l'on traverse pour venir dans les régions beaucoup plus froides des ports d'importation.

Ce n'est pas seulement de la viande gelée que ces navires transportent, mais aussi des colis de fruits, de légumes et de denrées diverses, qui demandent, pour se bien conserver, des températures extrêmement différentes.

Ainsi, à côté de la viande de boucherie et de la volaille, qui demandent — 7°, il faut au poisson — 9° et au gibier — 10°, tandis que les légumes et les fruits restent soumis à une température de + 2° ou + 3°. Le beurre exige — 7°, le lait 0, les huîtres et les œufs + 1°, le cidre + 2°, le lard + 4° et la bière en bouteilles + 7°. Il faut donc réserver pour chacun de ces produits des chambres froides spéciales où la température sera maintenue constante au degré voulu.



DEMI-COUPE TRANSVERSALE DU NOUVEAU NAVIRE FRIGORIFIQUE « BELLE-ISLE »

Les cales frigorifiques, complètement closes et isolées de l'air ambiant, sont matelassées intérieurement par une couche de liège granulé, comprimée entre deux cloisons de bois et d'acier.

C'est en faisant circuler dans l'ensemble des circuits de serpentins, disposés sur les parois des cales, un liquide incongelable, du chlorure de calcium refroidi, que l'on obtient l'abaissement de température nécessaire. La production du froid est, on le sait, basée sur l'absorption de chaleur qui résulte de la volatilisation rapide de liquides ou gaz liquéfiés, notamment l'ammoniaque et l'acide carbonique, dont la production industrielle est devenue aujourd'hui très courante.

Une compagnie de navigation hollandaise de Rotterdam exploite, de concert avec une société américaine l'Atlantic Company, une flotte de vapeurs très modernes spécialement affectés au transport des fruits provenant des marchés de l'Amérique Centrale et des Antilles et dont les cales sont isolées avec du liège en poudre. La construction des navires frigorifiques et la fourniture de la machinerie spéciale qu'ils renferment a donné lieu en Angleterre à la création de maisons très importantes installées en général dans les grands ports comme Liverpool.

Un comité de recherches spécial a été créé par l'Institution des ingénieurs-mécaniciens anglais en vue de définir une unité de réfrigération et de prescrire des moyens de mesure commodes et efficaces afin de faciliter la conclusion et la rédaction des contrats de construction. Les spécialistes chargés de la réception des installations frigorifiques peuvent ainsi apprécier leur rendement d'une manière scientifique et non plus par un simple essai pratique fixant le temps mis par la machinerie en cause à refroidir jusqu'à une température donnée des cales contenant un nombre connu de carcasses bien suspendues de bœufs ou de moutons.

Le transport des fruits ou de la viande n'empêche pas les armateurs de recevoir à bord de leurs navires frigorifiques un nombre important de passagers qui trouvent des aménagements très confortables sur ces steamers pour se rendre au loin dans de bonnes conditions à des prix très avantageux.

L'embarquement des viandes se fait à Buenos-Ayres, à Montevideo et dans les autres grands ports de l'Amérique du Sud, soit au sortir de wagons frigorifiques, soit au moyen de navires spéciaux qui circulent sur les fleuves. Ces bâtiments vont charger dans les ranchos installés à l'intérieur

les carcasses que l'on passe rapidement d'une cale froide à l'autre pour empêcher toute avarie due au changement de température.

Les machines spéciales destinées à produire et à distribuer le froid en usage dans les grands navires frigorifiques français et étrangers se composent essentiellement :

1° D'un récipient, appelé évaporateur ou réfrigérant, contenant une certaine quantité de liquide à évaporer laquelle est renfermée dans un serpentin métallique, plongé dans une solution de chlorure de calcium;

2° D'une pompe, appelée compresseur, qui aspire d'abord les vapeurs produites, les comprime ensuite et les refoule enfin ;

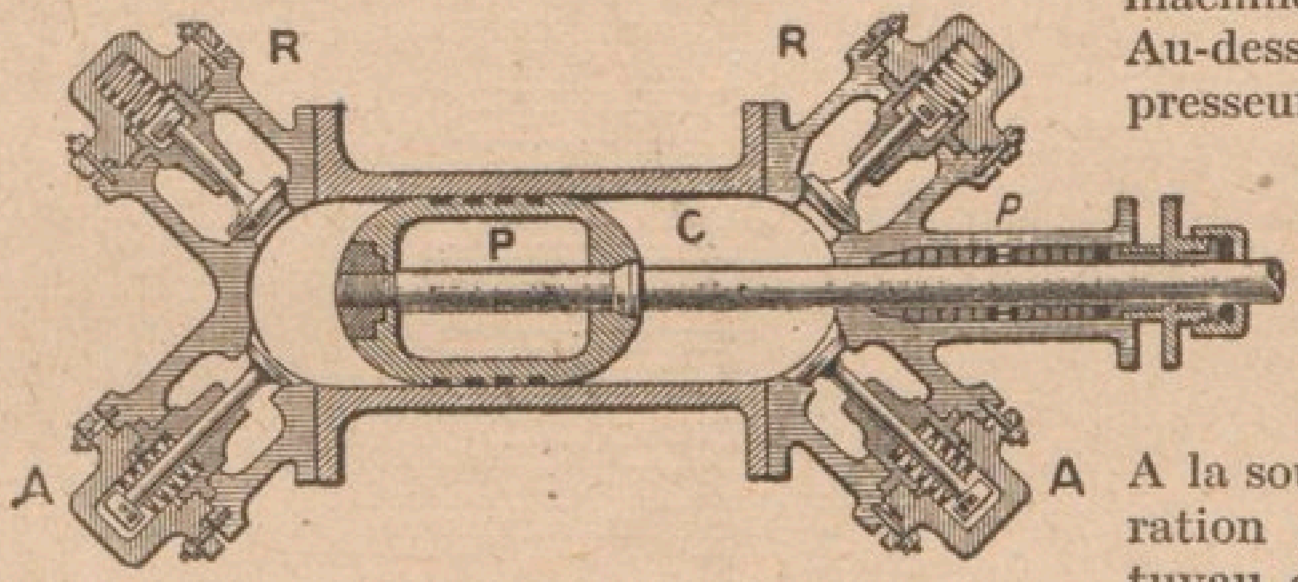
3° D'un condenseur, qui reçoit les vapeurs sortant du compresseur et les transforme de nouveau en liquide qui retourne à l'évaporateur en passant par un robinet-vanne de réglage.

Le compresseur, organe essentiel, aspire et comprime le gaz ; il favorise l'évaporation de l'ammoniaque ou de l'acide carbonique et, en le comprimant ensuite, le ramène à l'état liquide. L'appareil généralement adopté est du type Linde, et se compose d'un cylindre *C* dont les extrémités affectent la forme d'une demi-sphère. Dans ce cylindre, se meut un piston *P* dont les formes sont telles qu'elles peuvent épouser exactement les fonds du cylindre. A chacune des extrémités de ce cylindre, calées à 45 degrés par rapport à l'axe du cylindre, sont deux soupapes, *A* et *R*, d'aspiration et de refoulement. A chaque course du piston correspondent donc une aspiration et une compression

Le condenseur et l'évaporateur sont deux récipients en fer de formes et de dimensions identiques. A l'intérieur de ces récipients se trouvent dix serpentins aboutissant, à la base et au sommet, à des boîtes quadrangulaires creuses, *C*, avec lesquelles ils forment ce qu'on appelle les clarinettes, et à l'intérieur desquels circule le gaz aspiré et refoulé par le condenseur faisant partie du cycle.

Dans le condenseur se produit une circulation continuelle d'eau, dont l'arrivée s'effectue par la partie supérieure et le départ par la partie inférieure. L'évaporateur contient la solution incongelable de chlorure de calcium dans laquelle baignent les serpentins. Du bas de l'évaporateur part un large tuyau *i* d'aspiration du chlorure de calcium, que l'on désigne plus communément sous le nom de « saumure », et le retour de ce liquide s'effectue par un autre tuyau *e*, de même diamètre, aboutissant à la partie supérieure et descendant directement du bac de retour. Des soupapes et des robinets, placés en certains points de la circulation, permettent de régler ou d'arrêter les débits à volonté

Voici, tel qu'on peut le suivre sur le schéma établi et décrit par M. Bataille et que nous reproduisons ci-contre le fonctionnement de ces divers appareils dont l'ensemble constitue une machine frigorifique marine :



COMPRESSEUR LINDE, VU EN COUPE

C, *cylindre ;* P, *piston ;* AA, *soupapes d'aspiration;* RR, *soupapes de refoulement ;* p, *presse-étoupe dans lequel passe la tige du piston et qui assure à l'appareil une étanchéité absolument parfaite.*

Le compresseur est actionné par une machine à vapeur. Au-dessus du compresseur se trouvent les tuyaux d'aspiration *a* et de refoulement *r*, disposés parallèlement.

A la soupape d'aspiration *A* aboutit le tuyau *a* conduisant le gaz venu de l'évaporateur après passage dans une boîte de purge *p*. De la soupape de refoulement part le tuyau *r*, qui conduit le gaz comprimé dans une boîte de purge *p'* et de là dans les clarinettes *C* des serpentins à la partie supérieure du condenseur. A la base de ce condenseur, le gaz liquéfié est repris et amené par le tuyau *r'* à la base de l'évaporateur après passage dans une vanne intermédiaire de régulation V.

L'évaporateur est placé dans un compartiment isolé par un revêtement *R'* en liège granulé, d'environ 25 centimètres d'épaisseur. Il importe, en effet, qu'aucune déperdition de froid ne puisse avoir lieu dans le liquide incongelable, lors de son séjour dans l'évaporateur, sur son parcours vers les collecteurs de distribution et encore dans le bac de retour. La marche de ce liquide est indiquée par les flèches doubles ; aspiré et refoulé par la pompe P, il quitte l'évaporateur à sa base et vient dans un collecteur de distribution *D*, dans lequel sont branchés un grand nombre de tubes constituant les circuits de départ. Sur un grand navire, il n'y a pas moins de quatre-vingts circuits différents et chaque cale a elle-même plusieurs

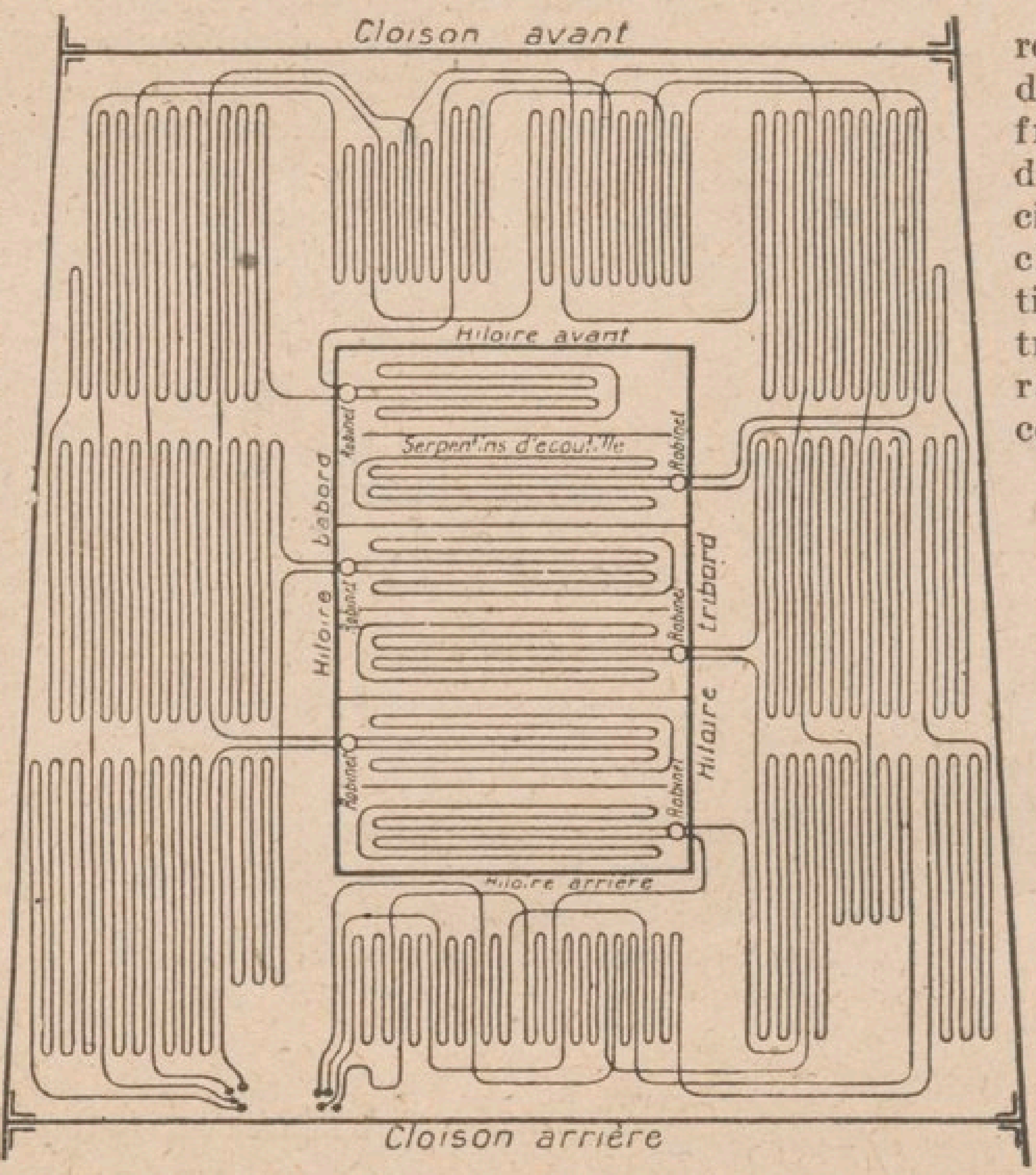
circuits, afin qu'une avarie à l'un d'eux n'affecte qu'au minimum la conservation des produits. Notre figure ne peut montrer qu'un seul tube avec son thermomètre, de même qu'elle ne montre qu'un seul des tubes de retour avec son thermomètre également, non loin du point où le liquide incongelable se déverse dans un récipient *B*, appelé bac de retour. De la partie inférieure de ce bac, le liquide incongelable tombe dans l'évaporateur par un tuyau spécial *e*.

Le froid se produit et se distribue de la manière suivante : la machine une fois chargée, l'ammoniaque liquide se trouve à la base des serpentins de l'évaporateur. Le compresseur, dans sa période d'aspiration, produit une évaporation rapide de ce liquide, évaporation qui provoque un refroidissement du liquide incongelable entourant les serpentins de l'évaporateur.

Dans les périodes de compression et de refoulement, le gaz ammoniac, fortement comprimé, est amené au condenseur dans des serpentins plongés dans une circulation d'eau froide. Le gaz, sous l'action simultanée de la compression et du froid, revient à l'état liquide et regagne l'évaporateur par le tuyau *r'* après passage dans la vanne spéciale de réglage V.

Tel est, indiqué quelque peu sommairement, le cycle fermé décrit par le liquide frigorigène, depuis sa transformation complète en gaz jusqu'à son retour à l'état primitif.

Quant au liquide incongelable, les pompes l'aspirent de l'évaporateur pour le distribuer ensuite dans toutes les parties du navire, et le ramener enfin dans l'évaporateur, après un circuit également fermé. Ce liquide, ou saumure, est, nous l'avons dit, une solution d'eau douce et de chlorure de calcium qui, pour remplir son but, doit, non seulement rester liquide à de très basses températures, mais encore conserver sans cesse une fluidité assurant une circulation parfaite dans la longue série de serpentins constituant les circuits des appareils radiateurs du froid.

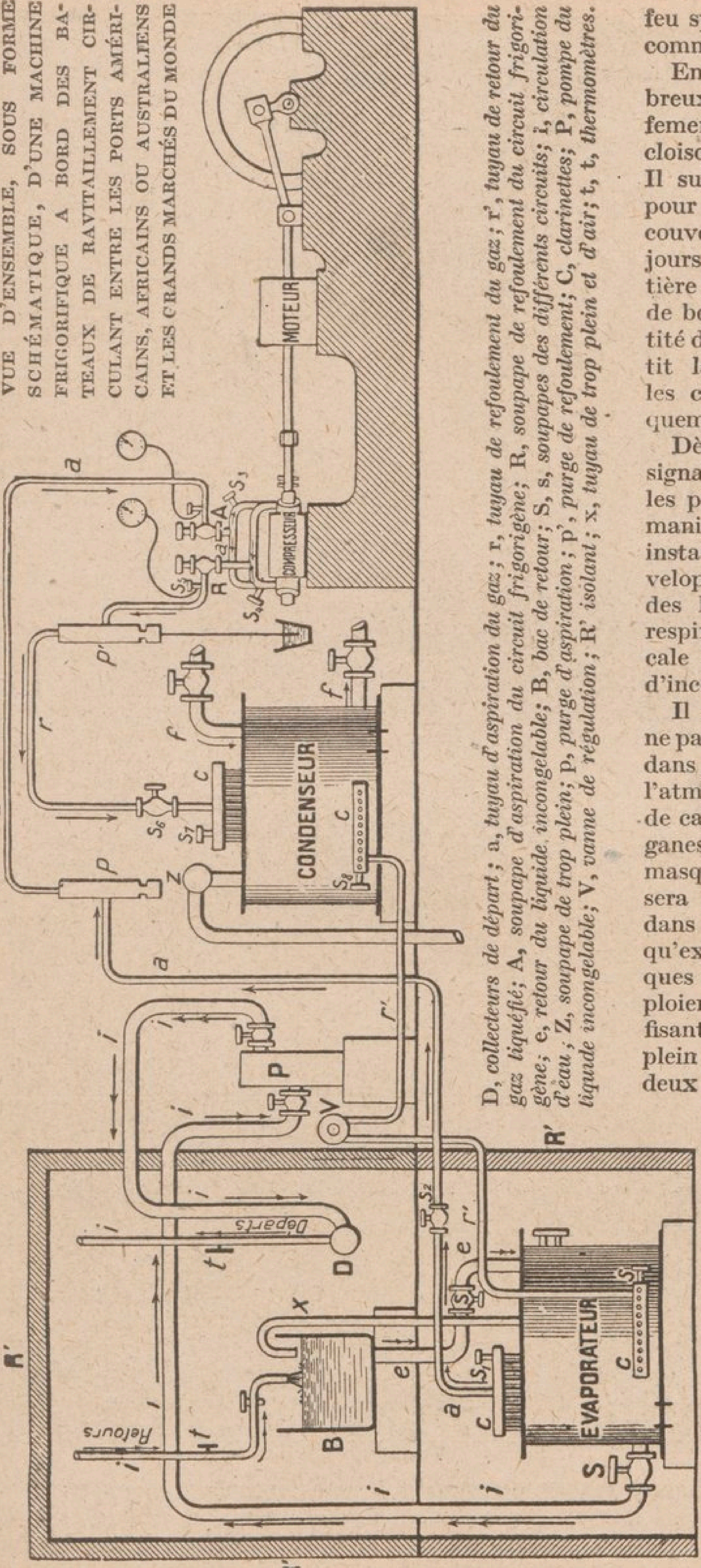


DISTRIBUTION DES SERPENTINS SUR UNE DES PAROIS D'UNE CALE DU NAVIRE FRANÇAIS « BELLE-ISLE »

Le nombre des circuits dépend de l'importance du volume refroidi. Les circuits sont peints de couleurs différentes pour être facilement distingués les uns des autres par le personnel.

Dans les dernières installations des grands navires frigorifiques, on dispose de trois circulations pour chaque compartiment, l'une à très basse température pour la conservation de la viande congelée, une autre, à température moyenne pour la conservation de la viande simplement réfrigérée ; une troisième enfin, chaude, pour dégeler les tuyautages et les débarrasser de leur neige extérieure. A cet effet, les circuits de chaque cale sont branchés sur un collecteur, d'où, grâce à trois soupapes S, S_1, S_2, convenablement manœuvrées, on dirige le liquide très froid, moins froid, ou chaud, suivant le genre de l'opération en cours. Ces trois circulations peuvent s'effectuer simultanément, ce qui permet de charger une partie du navire en viandes frigorifiées, une autre partie en viandes simplement réfrigérées, et, enfin, s'il y a lieu, après le déchargement d'un compartiment, de produire immédiatement le dégel des serpentins de ce compartiment.

Si extraordinaire que cela puisse paraître aux personnes non initiées, le feu peut prendre facilement dans les cales frigorifiques malgré l'absence de canalisations électriques et bien que le liège granulé ne prenne pas



VUE D'ENSEMBLE, SOUS FORME SCHÉMATIQUE, D'UNE MACHINE FRIGORIFIQUE A BORD DES BATEAUX DE RAVITAILLEMENT CIRCULANT ENTRE LES PORTS AMÉRICAINS, AFRICAINS OU AUSTRALIENS ET LES GRANDS MARCHÉS DU MONDE

D, collecteurs de départ; a, tuyau d'aspiration du gaz; r, tuyau de refoulement du gaz; r', tuyau de retour du gaz liquéfié; A, soupape d'aspiration du circuit frigorigène; R, soupape de refoulement du circuit frigorigène; e, retour du liquide incongelable; B, bac de retour; S, s, soupapes des différents circuits; i, circulation d'eau; Z, soupape de trop plein; p, purge d'aspiration; p', purge de refoulement; C, clarinettes; P, pompe du liquide incongelable; V, vanne de régulation; R' isolant; x, tuyau de trop plein et d'air; t, t, thermomètres.

feu spontanément par l'humidité, comme certaines matières.

En effet, on a constaté de nombreux incendies dus à l'échauffement de tôles extérieures ou de cloisons en contact avec l'isolant. Il suffit d'un seul point roug pour propager le fléau, qui couve souvent pendant plusieurs jours. La combustion de la matière isolante et de son enveloppe de bois dégage une certaine quantité d'oxyde de carbone qui ralentit la propagation du feu dans les compartiments clos hermétiquement par des cloisons étanches.

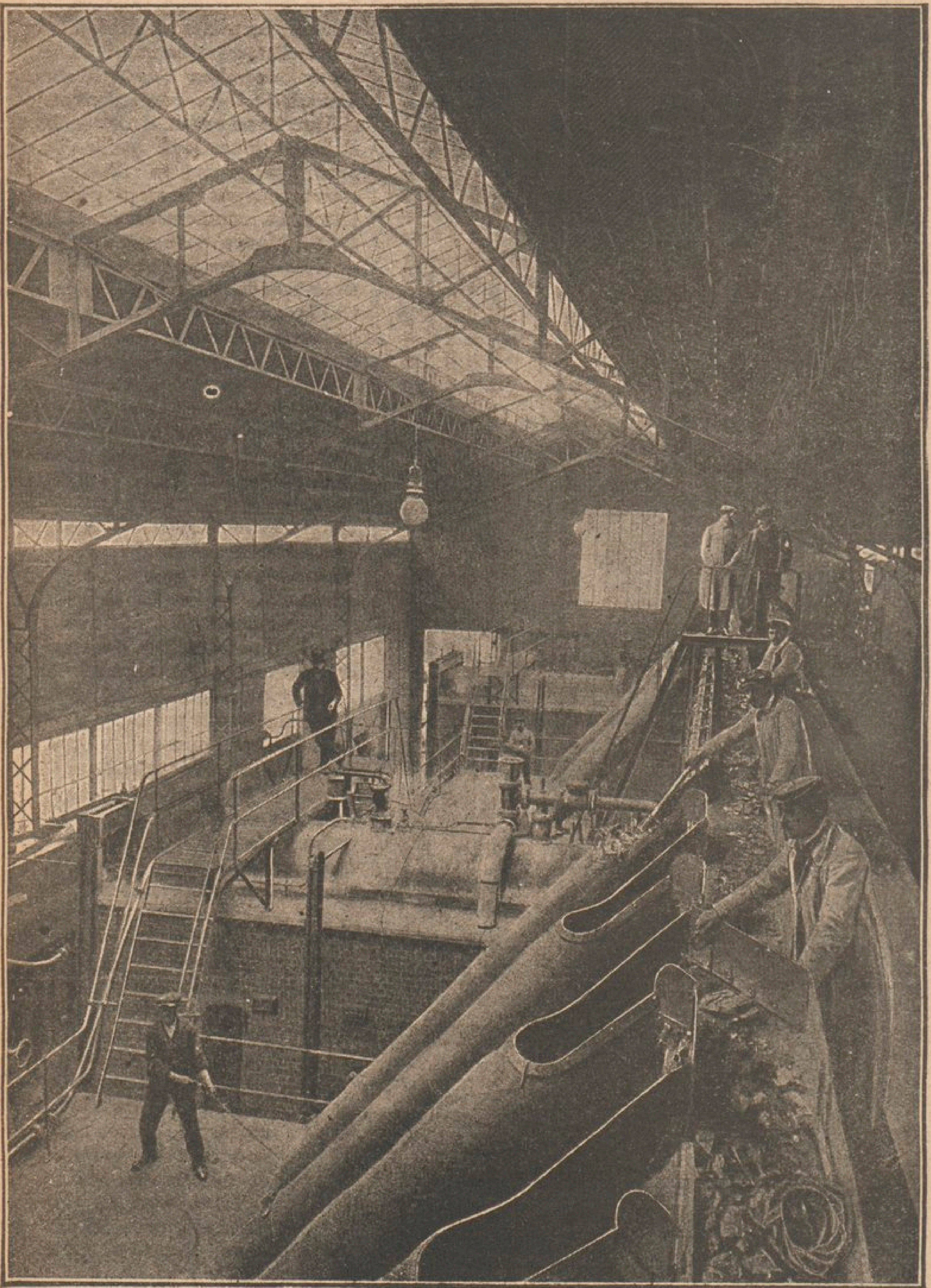
Dès qu'un échauffement est signalé dans une cale, on ouvre les panneaux avec prudence, de manière à pouvoir les refermer instantanément si le feu se développe. On fait alors descendre des hommes munis de masques respiratoires pour décharger la cale en feu et inonder le foyer d'incendie au moyen de pompes.

Il faut avoir la précaution de ne pas faire travailler des ouvriers dans des cales entr'ouvertes dont l'atmosphère est viciée par l'oxyde de carbone sans protéger leurs organes respiratoires au moyen de masques. D'autre part on ne laissera pas séjourner les hommes dans les cales au delà du temps qu'exige le débarquement de quelques quartiers de viande. On emploiera un nombre d'hommes suffisant pour permettre un repos en plein air de chaque équipe entre deux périodes de travail.

En retournant aux pays d'origine de la viande importée, les navires frigorifiques redeviennent de simples cargos et peuvent remplir leurs cales de toutes sortes de marchandises, non susceptibles, toutefois, de détériorer l'isolant.

Telles sont les dispositions spéciales de ces navires dont l'Angleterre possède un grand nombre déjà et dont la France compte, depuis quelques semaines seulement, sa première unité pratique.

Gabriel Surdont.



BATTERIE DE FOURS MELDRUM POUR L'INCINÉRATION DES ORDURES MÉNAGÈRES

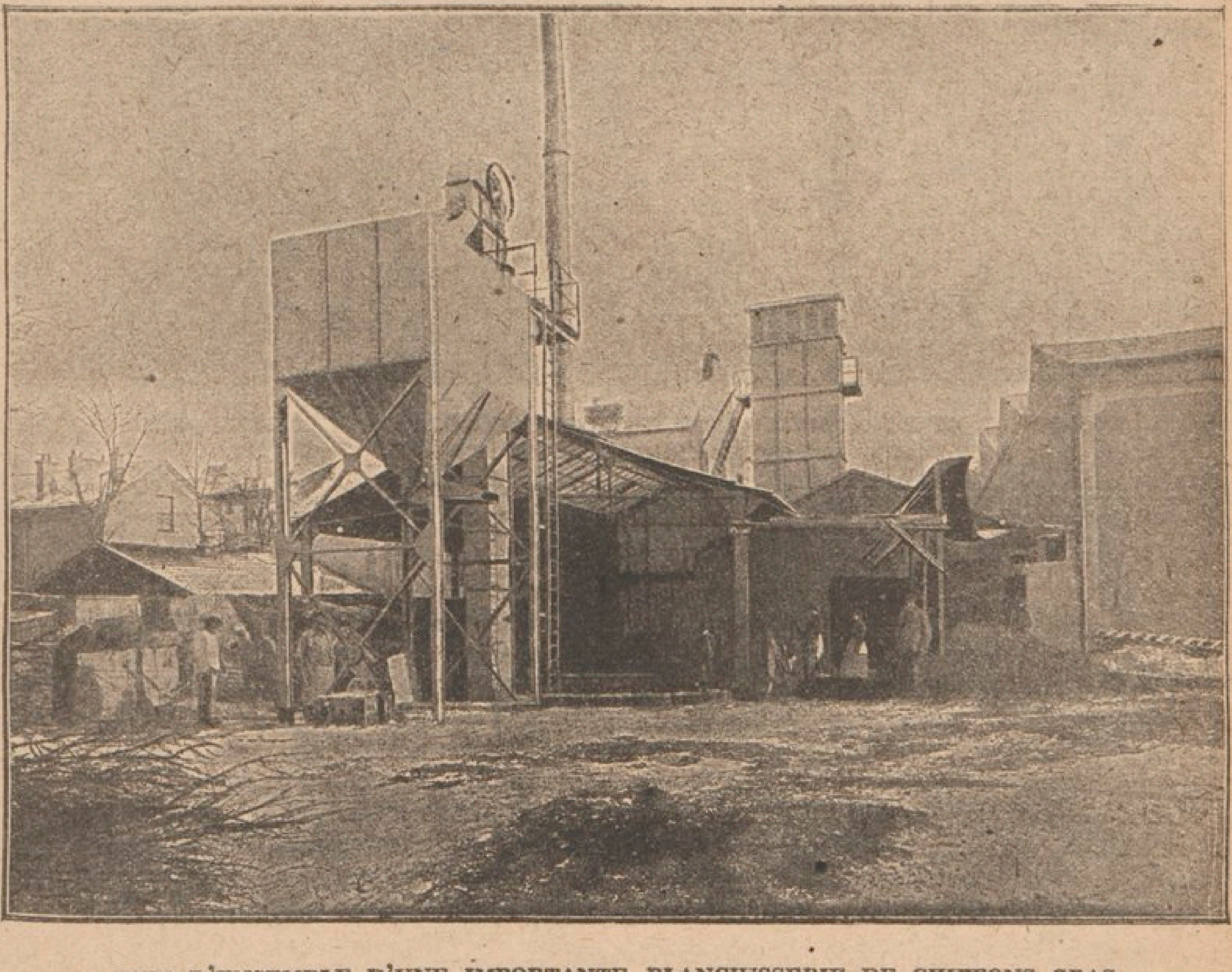
Ces fours comportent un transporteur automatique à courroies, ou chemin roulant, établi à leur niveau supérieur et qui distribue avec une grande rapidité les détritus à incinérer au moyen de portes que des ouvriers rabattent, à volonté, devant chacune des goulottes.

L'UTILISATION DES DÉCHETS INDUSTRIELS ET DES ORDURES MÉNAGÈRES

Par Jacques BOYER

Le conflit mondial a singulièrement développé l'ingéniosité des chercheurs et des techniciens de tous les pays qui s'efforcent de remplacer par des *équivalents*, d'un éclectisme fort varié, les matières premières raréfiées ou défaillantes. Par suite du resserrement de plus en plus étroit du blocus des Alliés, les industriels allemands durent entrer les premiers dans cette voie. En Angleterre, en France et aux Etats-Unis, on songea aussi à mieux utiliser les résidus de diverses fabrications qu'on laissait perdre en temps de paix, soit par ignorance, soit simplement par négligence. Mais, en toutes circonstances d'ailleurs, l'intérêt bien compris du fabricant n'est-il pas de récupérer les *déchets* produits au cours des manipulations successives qui s'opèrent dans son usine, afin de diminuer les prix de revient, souvent élevés, des objets fabriqués ?

Tantôt, on utilise les résidus industriels comme *combustibles* ou comme *engrais*,



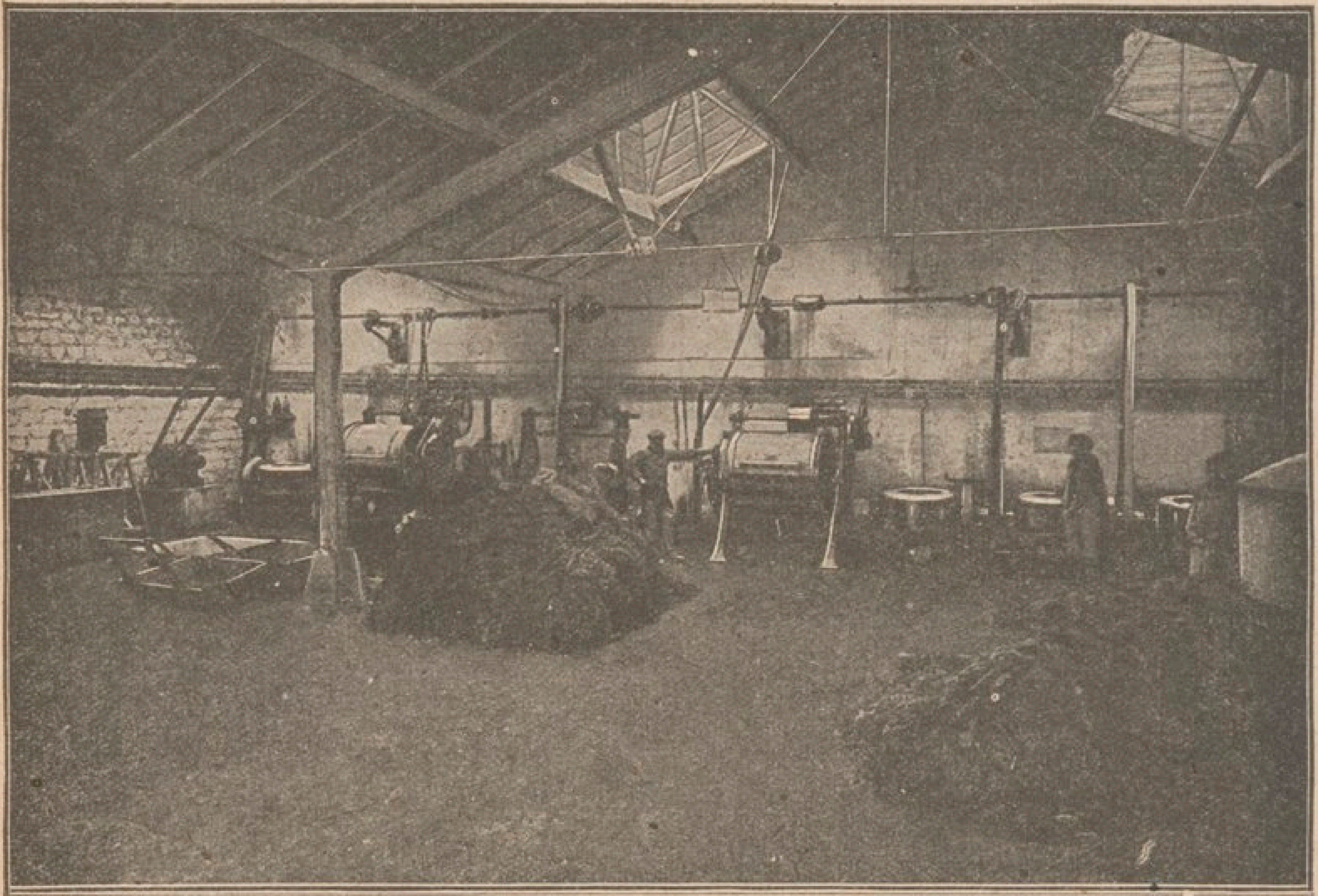
VUE D'ENSEMBLE D'UNE IMPORTANTE BLANCHISSERIE DE CHIFFONS GRAS

La récupération des huiles contenues dans les chiffons ayant servi à l'essuyage des machines offre beaucoup d'intérêt car, après extraction au sulfure de carbone, ces corps gras sont achetés par les fabricants de savon.

tantôt ils servent d'aliments pour les animaux et même quelquefois des traitements convenables permettent d'en retirer des substances d'une certaine valeur. En outre des bénéfices qu'elle procure aux intéressés, l'exploitation rationnelle des produits résiduaires sauvegarde les lois de l'hygiène et la salubrité publique, car les vapeurs nocives, dégagées au cours des opérations industrielles et abandonnées librement à l'air, abîment les plantes du voisinage, tandis que les déchets solides ou liquides souillent de façon insupportable les eaux et le sol.

Dans les industries où l'on s'adresse à la vapeur comme force motrice ou agent de fabrication, les *cendres de houille* (qui contiennent de la chaux, du carbonate et du sulfate de chaux associés à de l'oxyde de fer et d'alumine, un peu de potasse, de magnésie et d'acide phosphorique) s'emploient comme amendements et engrais, tandis que le *mâchefer* s'utilise dans la construction pour garantir les rez-de-chaussée de l'humidité, pour former à la surface des terrains meubles une croûte résistante, ainsi que dans les opérations de drainage et de filtrage. La *suie de houille* sert aussi d'engrais pour les terrains calcaires et les teinturiers en tirent deux excellentes couleurs brunes.

Pour les *chaleurs perdues* par les gaz s'échappant des cheminées d'usines, des générateurs et des fours, diverses catégories d'appareils permettent de les employer soit au réchauffage des eaux d'alimentation, soit au séchage des matières industrielles, soit à la concentration des liquides résiduaires.



SALLE D'ESSORAGE ET DE BLANCHISSAGE DES CHIFFONS GRAS AYANT SERVI A L'ESSUYAGE DES MACHINES, AUX USINES RENAULT, A BILLANCOURT

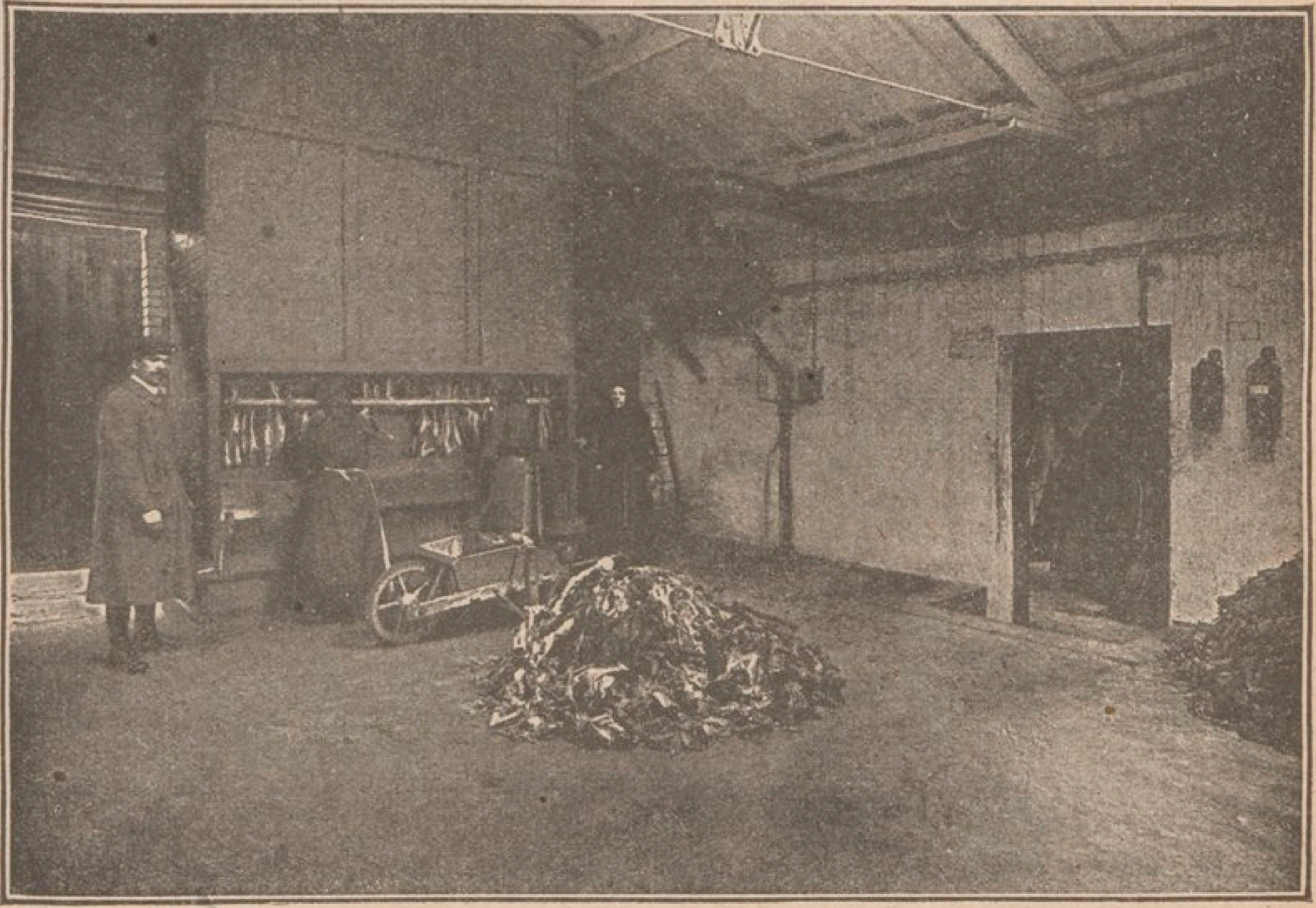
On commence par essorer les chiffons maculés afin d'en extraire les huiles végétales dont ils sont, pour ainsi dire, gorgés; on les blanchit ensuite par un lessivage mécanique rapide et économique.

De leur côté, pour économiser le charbon, les scieries et autres établissements qui travaillent le bois, se servent des débris ligneux de leur fabrication. Par exemple, l'usine municipale parisienne de pavés en bois, emploie uniquement la *sciure*, les bouts de *pin* qu'elle débite et les *vieux pavés* pour chauffer ses générateurs de vapeur, destinés à actionner ses scies et ses tronçonneuses.

Généralement, on capte les copeaux et la sciure de bois, au fur et à mesure de leur production et on les transporte mécaniquement aux générateurs afin d'éviter une main-d'œuvre inutile. Pour cela, on munit

chaque machine-outil (scie, dégauchisseuse, raboteuse, toupie, etc.) d'une embouchure ou capote mobile de forme appropriée, et on relie ces dernières, au moyen de conduits d'aspiration, à une canalisation cylindrique principale communiquant au ventilateur. Les déchets ligneux aspirés passent ensuite dans un autre ventilateur très robuste qui les envoie dans un *cyclone* ou séparateur de poussières. Ce dernier appareil comporte une partie supérieure cylindrique que termine, à son extrémité inférieure, un conduit tronconique par où s'échappent les débris poussiéreux, tandis que l'air nettoyé se disperse par le haut du séparateur installé soit à l'extérieur des bâtiments, s'il s'agit de gerber les déchets pour les vendre, soit à l'intérieur, à proximité des générateurs, pour les charger automatiquement dans les foyers.

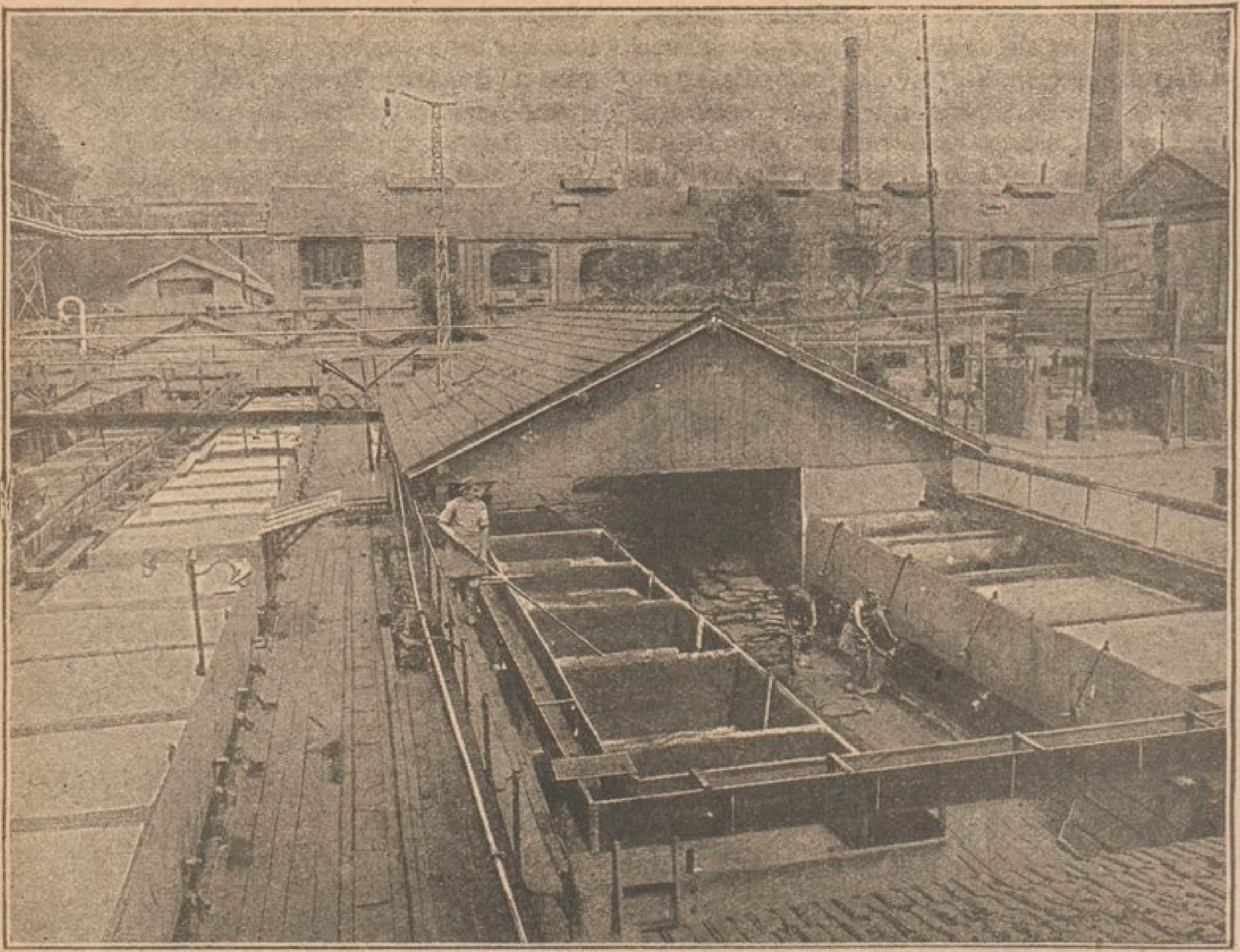
Dans les fabriques de produits chimiques, on purifie les eaux résiduaires et on en retire des restes d'acides, des solutions diluées, etc., où se trouvent des quantités très notables de substances utilisables. En particulier, dans les papeteries, on voit des *ramasse-pâtes* ayant pour but d'extraire des eaux résiduaires les parcelles de fibres, échappées en raison de leur finesse. En principe, une grande caisse en bois, au milieu de laquelle on a fixé un tambour recouvert d'un feutre sans fin et animé d'un mouvement de rotation, les constitue. Le feutre tourne et l'eau s'écoule à travers, tandis qu'il se déroule en se recouvrant de pâte ; à ce moment, il passe entre deux rouleaux qui le pressent ; la pâte adhère au premier de ceux-ci, puis un grand couteau — le « docteur », en termes techniques — la détache alors et elle tombe dans une caisse *ad hoc* où on la recueille.



VOICI MAINTENANT L'ÉTUVE, CONSTRUITE EN FORTE TOLE, OU L'ON MET LES CHIFFONS APRÈS LES AVOIR ESSORÉS ET BLANCHIS COMPLÈTEMENT (USINES RENAULT)

Dans cette étuve, les chiffons sont soumis pendant un certain temps à l'action d'un courant d'air chaud, et on peut les utiliser à nouveau pour l'essuyage des machines-outils et des moteurs.

D'une façon générale, la récupération des *huiles* employées pour lubrifier les organes des machines se fait à l'aide d'un tuyautage spécial et de bassins qu'on vide de temps à autre, dans des bacs de décantation munis d'un faux-fond sur lequel on tasse un lit de sciure de bois. Par leur passage au travers de cette dernière, les huiles se clarifient et on peut les utiliser à nouveau. On remplace souvent la sciure de bois par des poches filtrantes suspendues à l'intérieur de bacs



RESSUYAGE ET MISE EN SACS DES DRÈCHES DE BRASSERIE

On dirig les drèches, ou résidus de la fabrication de la bière, dans de grands réservoirs en bois. Puis on les met en sacs qu'on laisse se ressuyer et on les presse pour pouvoir les livrer en vrac.

cylindriques portant à leur partie inférieure un robinet permettant de recueillir l'huile épurée. Avec les appareils filtreurs Ducretet et autres systèmes similaires, d'invention assez récente, on purifie même d'une façon continue, grâce à la chaleur perdue, les résidus des huiles minérales destinées au graissage des moteurs à gaz et à pétrole.

L'extraction des huiles végétales contenues dans les chiffons d'essuyage des machines offre également un certain intérêt, car, après l'extraction au sulfure de carbone, ces corps gras sont achetés par les fabricants de savons. On commence par essorer les chiffons, qu'on blanchit ensuite ; dans les usines importantes, une blanchisserie spéciale, avec essoreuses, machines à laver, étuve de séchage et autres appareils, est même annexée à l'établissement dans ce but.

Dans les *hauts fourneaux, usines métallurgiques* et *établissements où on travaille les métaux*, les déchets à récupérer ne manquent pas.

Les *laitiers* des hauts fourneaux servent à la fabrication des briques, ciments et pavés ainsi qu'à la préparation de la *laine minérale*. Ce dernier produit, connu aussi sous le nom de *coton minéral* ou d'*ouate de laitier*, s'obtient en lançant sous pression et par une ouverture étroite, un jet de vapeur sur un courant de laitier fondu. Le laitier se divise alors en une multitude de sphérules qui, en se détachant, arrachent une fibre de la masse et constituent une sorte d'étoupe très appréciée comme produit calorifuge. Quant aux *scories de déphosphoration*, qui se produisent au cours de la fabrication de l'acier par le procédé Thomas-Gilchrist, ils représentent une valeur considérable comme engrais.

Parler de la récupération des sous-produits provenant des usines à gaz et des fours à coke serait écrire un traité de chimie organique. De la distillation des *goudrons* on retire, en effet, la benzine, le toluène, la naphtaline, l'anthracène, des matières colorantes par milliers, tandis que des eaux de condensation de ces établissements on extrait couramment des sels ammoniacaux, des cyanures.

Par contre, dans les *ateliers de construction*

mécanique, on a grand soin de recueillir les copeaux de fer ou d'acier, de cuivre ou de laiton qui tombent des tours et autres machines-outils. Les copeaux de fer servent à préparer le sulfate de fer, les limailles de fer et de fonte entrant dans la composition de différents mastics, mais la plus grande partie des déchets métalliques se revendent aux usines métallurgiques, après extraction de l'huile qu'ils peuvent contenir au moyen de la centrifugeuse spéciale Bariquand et Marre. Chez les *batteurs d'or*, des claies en bois quadrillées et mobiles recouvrent le sol des ateliers, afin de retenir les déchets métalliques précieux tombés au cours du travail. Divers traitements physico-chimiques qu'il serait trop long de décrire permettent également aux photographes et fabricants de plaques ou papiers photographiques, de retirer l'or, l'argent et le platine des supports usagés.

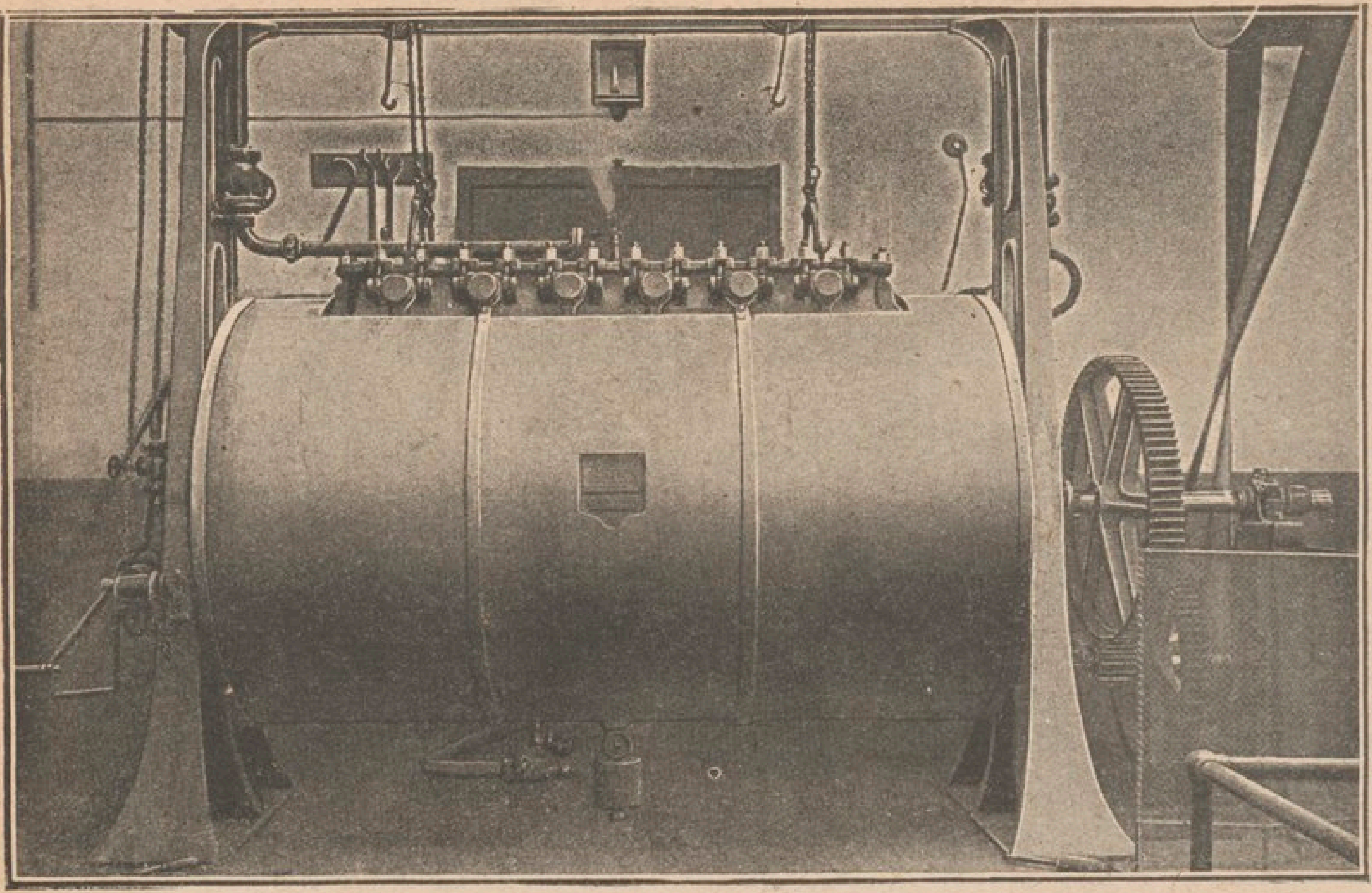
Dans les *industries agricoles*, les résidus de la fabrication s'emploient à l'alimentation du bétail. Les brasseurs recueillent la *drèche*, ou résidu de la fabrication de la bière, dans de grandes cuves munies de malaxeurs en mouvement et on la distribue encore tiède aux nourrisseurs, ou bien on la dirige dans de grands réservoirs en bois, puis on la met en sacs qu'on laisse se ressuyer et on la presse pour pouvoir la livrer en vrac. Dans les beurreries et fromageries, le petit lait sert à nourrir les porcs à l'engraissement.

Dernièrement, on a proposé aussi de nombreuses méthodes pour transformer en produits industriels utilisables les *cadavres d'animaux* reconnus impropres à la consommation et les *déchets d'abattoirs*. Les procédés purement chimiques, tels que le traitement par l'acide sulfurique, la distillation à sec, le dégraissage par la benzine ou le sulfure de carbone ne paraissent pas avoir reçu la sanction nécessaire de la pratique.

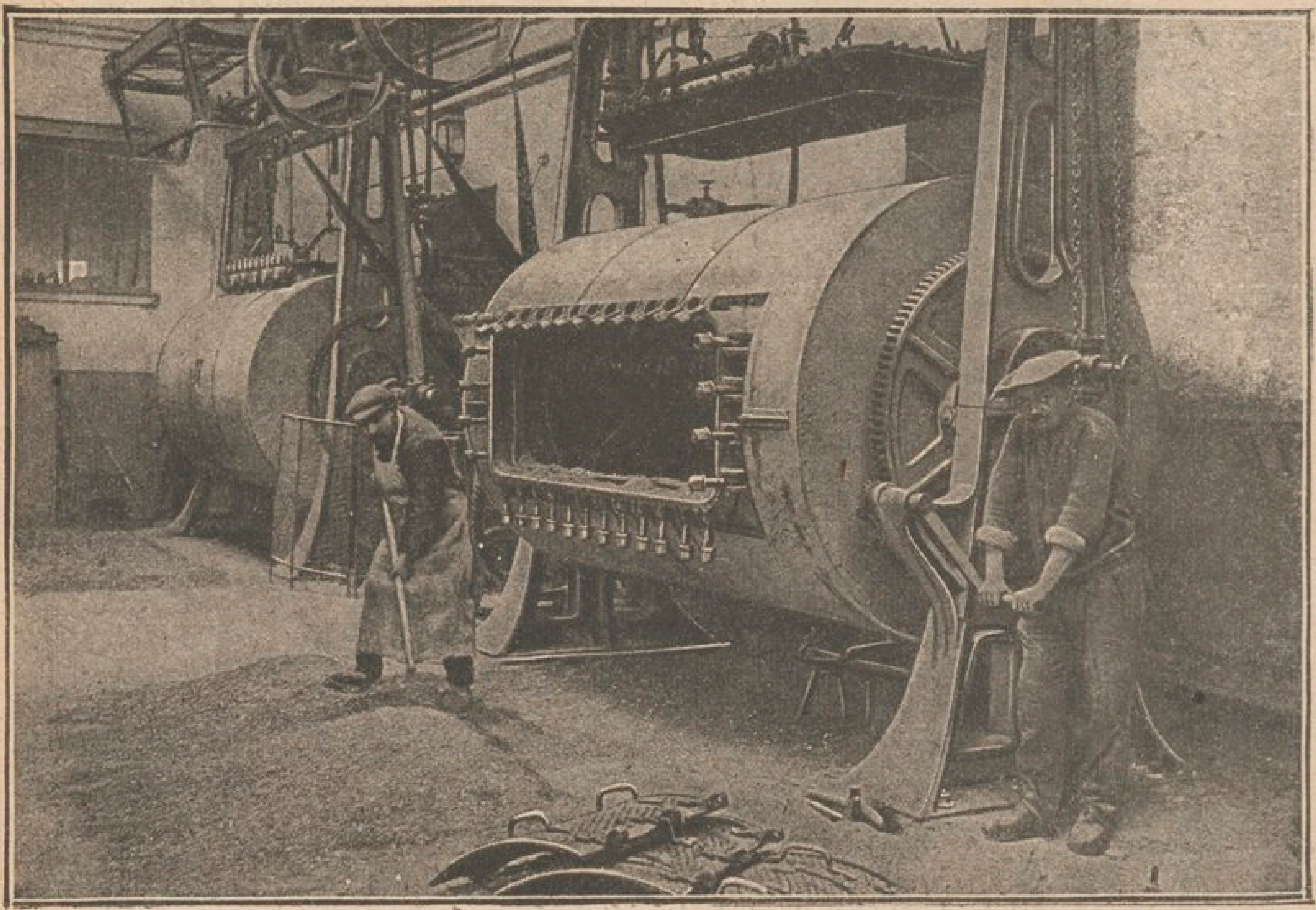
En revanche, la *transformation thermo-chimique* des matières animales est aujourd'hui la plus répandue, car elle satisfait aux *desiderata* de l'hygiène moderne et son rendement est élevé. En principe, cette méthode consiste à exposer la substance animale à l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Les graisses fondent alors complè-

DÉCHARGEMENT D'UNE VOITURE D'OS CHEZ UN ÉQUARRISSEUR

Les os provenant des bêtes abattues sont bouillis dans de vastes chaudières, puis ils sont nettoyés, broyés, brûlés dans des fours spéciaux, et on obtient ainsi un excellent engrais pour l'agriculture.



APPAREIL HARTMANN POUR L'UTILISATION DES DÉCHETS D'ABATTOIRS
Les substances animales, cadavres entiers ou déchets, y subissent l'action de la vapeur d'eau surchauffée.

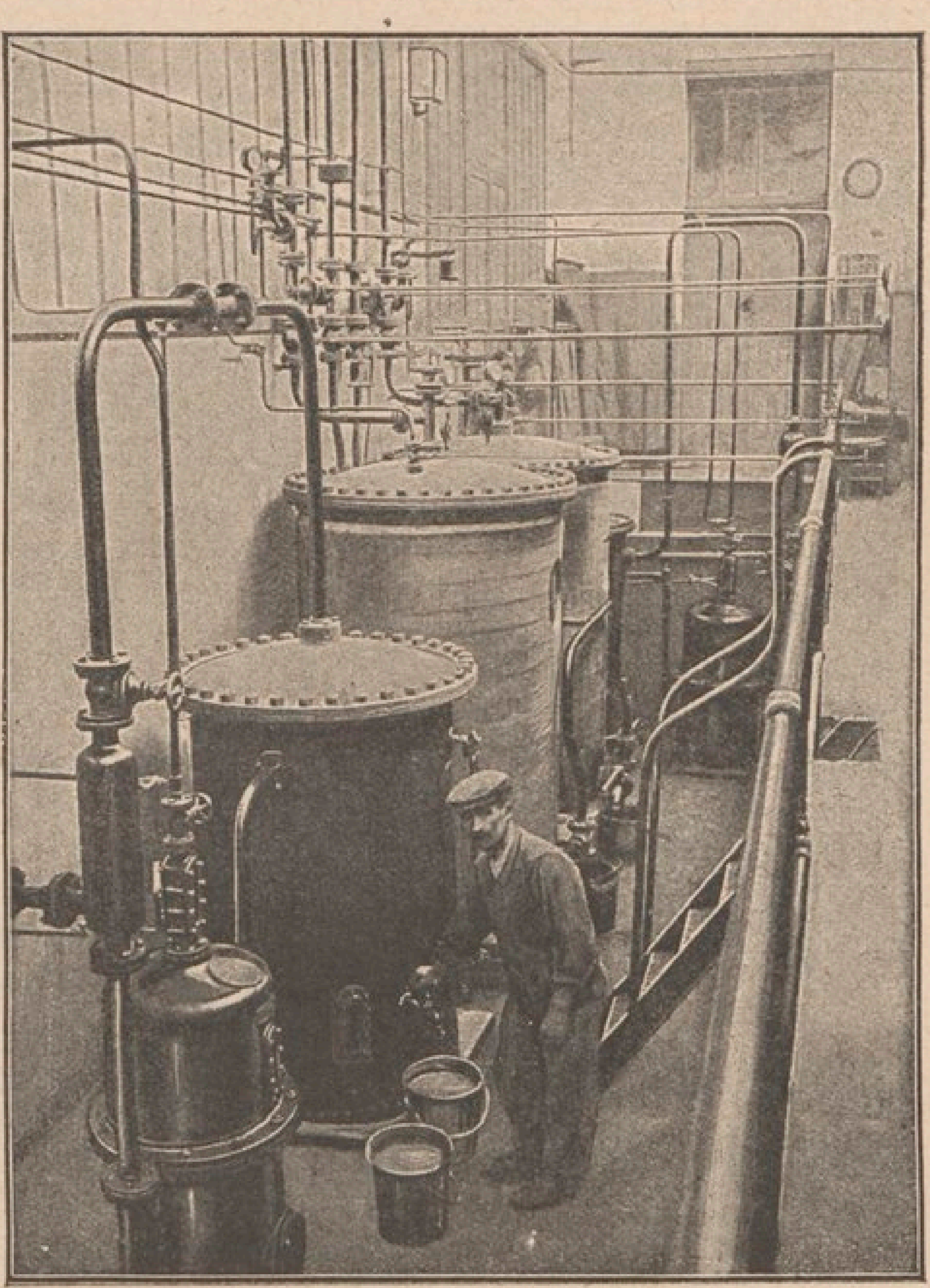


FIN DE L'OPÉRATION DU TRAITEMENT DES DÉCHETS D'ABATTOIRS
On retire de l'autoclave une substance pulvérulente utilisable comme engrais. Elle est mise en sacs après qu'on l'a laissée séjourner sur le sol pour obtenir sa complète dessiccation.

tement tandis que les os perdent leur gélatine, que les muscles, la peau, les tendons et les autres tissus se dessèchent. Le poids de la masse de chair et d'os restant dans l'extracteur se trouve réduit d'environ 35 %, et, vu son faible degré d'humidité, se sèche facilement. Quant au bouillon dégraissé, on le réduit par l'évaporation en gélatine glutineuse ou on l'incorpore au magma de chair et d'os demeuré dans l'extracteur, transformant ainsi le tout en poudre gélatineuse.

Avec les nouveaux appareils Hartmann, qui fonctionnent en particulier depuis quelque temps dans un grand établissement de la Plaine Saint-Denis, le cycle de ces diverses opérations thermo-chimiques s'opère aisément. Le système se compose de cinq récipients reliés entre eux par une tuyauterie et dont le plus important, un grand autoclave cylindrique horizontal, sert pour l'extraction et le séchage. Il renferme un tambour perforé destiné à recevoir la matière brute et qu'un arbre de transmission peut animer d'un mouvement de rotation. Dans cette enceinte, les substances animales (cadavres entiers ou déchets), subissent l'action de la vapeur et, après dessiccation, on en retire une substance pulvérulente qu'on étale devant l'appareil et qui, vingt-quatre heures plus tard, est prête pour la vente.

Au cours du traitement, la graisse et le bouillon gélatineux s'écoulent par un tuyau dans le deuxième récipient dit *séparateur de graisse*, parce que cette dernière s'amasse dans sa partie supérieure conique munie d'un verre d'observation permettant de suivre la marche de l'opération. Grâce à un robinet, on soutire cette graisse qu'on envoie au réservoir de graisse, tandis que le bouillon dégraissé se rend automatiquement dans un troisième vase en communication avec l'extracteur par un autre tuyau. En vertu de cette disposition, la même pression règne dans les deux récipients et l'expérience prouve que, par suite des différences de hauteur, le bouillon parvient seul dans le collecteur d'où on l'amène, de temps à autre, en ouvrant un robinet, au quatrième récipient où un serpentin de chauffage permet de l'évaporer et de le réduire jusqu'à consistance gélatineuse.



SÉPARATEURS DE GRAISSE POUR LA TRANSFORMATION THERMO-CHIMIQUE DES DÉBRIS D'ANIMAUX.

Au cours du traitement thermo-chimique des déchets animaux par la méthode Hartmann, la graisse et le bouillon gélatineux s'écoulent de l'autoclave par un tuyau qui les amène dans une série de récipients dits « séparateurs de graisse ».

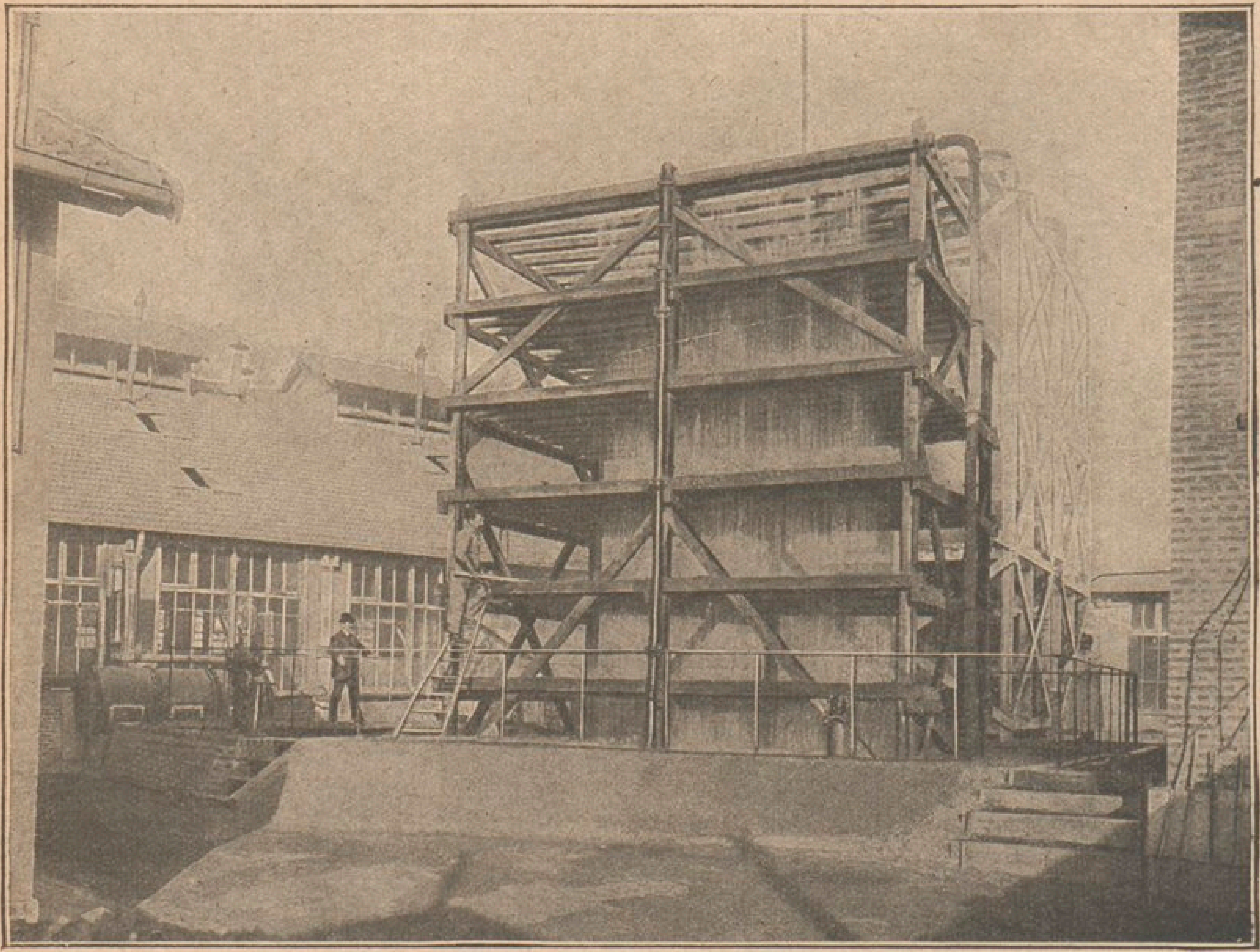
Mais au lieu de conduire, comme dans les anciens procédés, les vapeurs sortant du bouillon dans un appareil de condensation à eau froide, on les envoie à l'extracteur afin qu'elles contribuent à la cuisson et à la dessiccation. Dans ce but, un tuyau relie l'évaporateur au grand autoclave. Ce conduit se divise en deux branches dont l'une, qu'un robinet peut fermer, aboutit à l'intérieur de l'appareil où se trouvent les matières animales, tandis que l'autre, portant également un robinet, se dirige vers le manteau de chauffe entourant l'extracteur. Grâce à ces tuyaux,

on utilise donc à volonté la vapeur produite dans l'évaporateur soit pour la cuisson, soit pour le séchage des matières enfermées dans le tambour. Ainsi, l'eau enlevée à l'évaporateur sous forme de vapeurs, arrive dans l'appareil d'extraction ou dans sa double enveloppe et pénètre ensuite à nouveau dans le récipient. Les eaux provenant des cadavres d'animaux traités circulent donc constamment à travers tout le système.

Au fur et à mesure du traitement, la concentration du bouillon gélatineux augmente et s'achève avec l'opération elle-même. Alors, on retire de l'extracteur la cendre animale séchée, on recueille dans le séparateur ainsi que dans le collecteur le bouillon non concentré, alors que, au cours de l'extraction, la graisse se sera écoulée vers un réservoir spécial. Quant au cinquième récipient fixé au-dessus de l'extracteur, on l'utilise seulement dans le cas où l'on veut mêler la gélatine aux masses de chair et d'os travaillées dans l'extracteur afin de les transformer en une cendre animale gélatineuse. En ce cas, on amène le bouillon dans ce vase, pour le diriger, en temps opportun, vers l'extracteur par un conduit spécial.

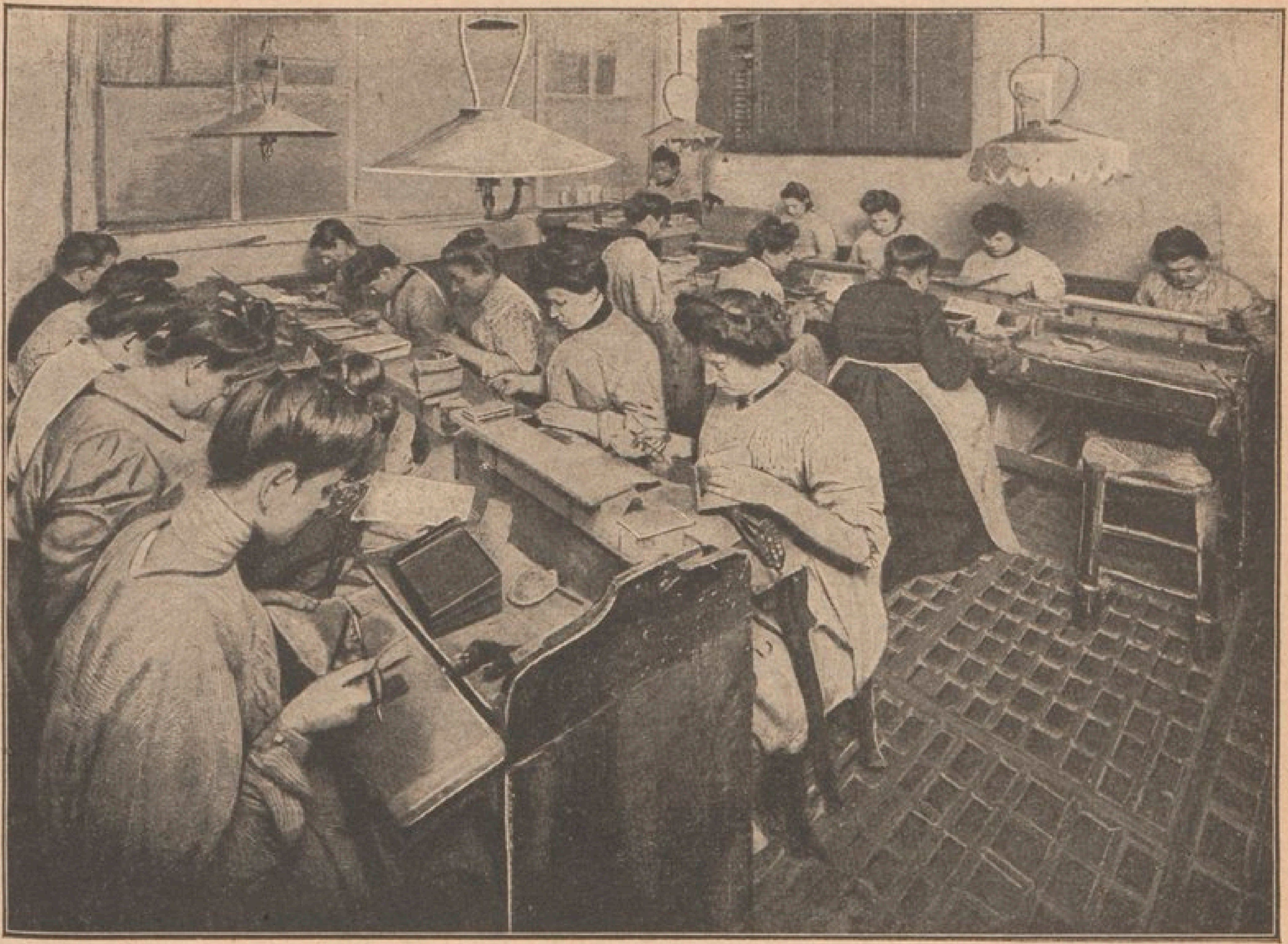
La grande ouverture fermée au moyen d'un couvercle et qu'on aperçoit béante sur la photo, p. 496, sert à introduire dans l'extracteur des cadavres entiers. Ceci est précieux quand on désire traiter sans dépeçage préalable des animaux morts de maladies infectieuses. On utilise alors un dispositif spécial permettant de faire glisser latéralement le couvercle jusqu'à ce que l'ouverture de remplissage soit complètement libre vers le haut, puis, à l'aide d'un palan, on amène le bœuf ou le cheval au-dessus de l'appareil et on le descend facilement dans le tambour. Lorsqu'on traite des déchets, on soulève le couvercle verticalement, puis, au moyen d'un engrenage à manivelle, un homme imprime à l'extracteur une certaine rotation afin que l'ouverture, se trouvant en biais, on puisse procéder sans aucune difficulté au chargement de l'appareil.

A l'intérieur de l'extracteur, se trouve un tambour perforé rotatif, fermé par des couvercles mobiles et portant extérieure-



ANCIEN PROCÉDÉ D'ÉPURATION DES EAUX DE CHAUDIÈRE

On élevait les eaux à une certaine hauteur puis on les laissait retomber en pluie sur plusieurs étages de claies. Il existe aujourd'hui des procédés d'épuration plus scientifiques et surtout beaucoup plus simples.



MISE DES FEUILLES D'OR EN CARNETS CHEZ UN BATTEUR D'OR

Les déchets provenant de cette industrie sont particulièrement précieux. Aussi, dans les ateliers des batteurs d'or, dispose-t-on sur le sol des claies en bois quadrillé qui retiennent les particules de métal.

ment des malaxeurs animés également d'un mouvement de rotation assez rapide.

Après quatre heures en moyenne, l'extraction est achevée. On met le tambour en action, et l'on commence le séchage des masses de chair et d'os épuisées, qui se trouvent dans l'extracteur. Cette dessiccation s'opère en chauffant la double enveloppe de l'appareil. Les matières complètement amollies par la vapeur, au moment de la cuisson, se désagrègent, tombent par les trous du tambour dans l'espace qui le sépare de la double enveloppe, puis sont saisies par les malaxeurs qui les tiennent constamment en contact avec la tôle chaude et les pulvérisent. Les vapeurs qui se dégagent de ces matières en cours de dessiccation sont attirées par une pompe aspirante et condensées par le contact direct d'eau froide. D'autre part, les gaz non condensés vont brûler sous le foyer de la chaudière de l'appareil.

L'opération du séchage dure ordinairement de trois à cinq heures. Au bout de ce temps, toute la matière sèche se trouve en dehors du tambour perforé sous forme de poudre animale, et peut s'extraire en retirant le couvercle et en faisant faire à l'extracteur une rotation de 180°.

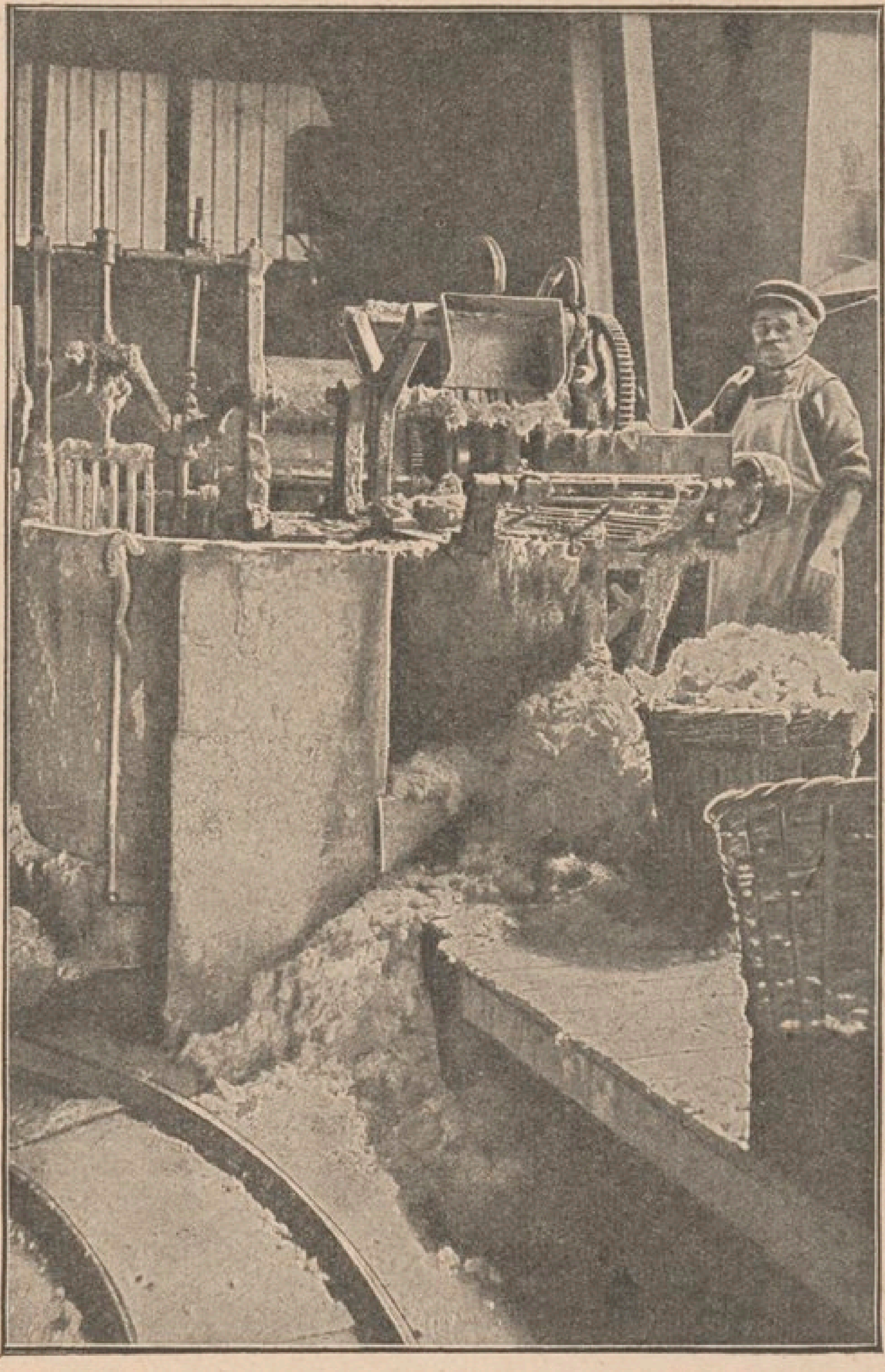
La vapeur fournie par l'évaporation du bouillon gélatineux servant pour la cuisson et le séchage, les eaux produites par la condensation s'écoulent pendant la cuisson avec le bouillon dans le séparateur et le collecteur. La cuisson terminée, ces deux derniers appareils sont vidés et leur contenu passe dans l'évaporateur. Quant aux eaux provenant toujours de la vapeur d'évaporation du bouillon, mais qu'on emploie à la dessiccation en passant dans la double enveloppe, comme elles sont pures et stérilisées, on peut les réunir dans un récipient de réfrigération, et les déverser sans inconvénient à l'égout. Toutes les substances solides composant habituellement les matières cadavériques se retrouvent donc dans les produits finalement obtenus.

Les *vinasses de distillerie*, renfermant beaucoup de substances azotées, un peu de matières grasses et minérales, constituent une excellente nourriture pour les bovidés.

Par contre, les *vinasses de betteraves et de mélasses* sont impropres à l'alimentation du bétail ; après évaporation et calcination, elles s'emploient à la fabrication des sels potassiques. Les *boues de sucreries* (écumes ou tourteaux de défécation) réussissent fort bien comme engrais dans les terres argileuses et dans celles qui manquent de calcaire. D'autre part, on récupère l'huile des *tourteaux* à l'aide du sulfure de carbone ou du tétrachlorure de carbone, mais, en ce cas, le résidu ne peut plus servir à l'alimentation animale, car il possède une odeur désagréable; aussi certaines huileries, principalement celles qui traitent les graines de lin et d'arachides, préfèrent vendre leurs tourteaux aux nourrisseurs sans les épuiser.

Dans l'excellent ouvrage de P. Razous sur *Les déchets industriels* (1905), auquel nous avons fait quelques emprunts, on trouvera encore de précieux renseignements sur l'utilisation des résidus des établissements où se travaillent les peaux et les cuirs. Nous y renvoyons, afin de ne pas abuser de nos lecteurs.

Mais nous ne saurions cependant terminer cet article sans indiquer comment on transforme aujourd'hui les *ordures ménagères* des villes en électricité. Dans l'usine d'Issy-Les Moulineaux, concessionnaire de la Ville de Paris, on applique aux immondices la méthode de traitement suivante. On commence par opérer un triage aussi complet que possible des éléments inertes et nuisibles contenus dans la gadoue, tels que débris de vaisselle, d'objets métalliques, de paillassons, chiffons, vieux tapis et, en général, de toutes les matières ne renfermant pas de principes fertilisants. Puis un broyage transforme une partie de la gadoue déjà triée en un terreau grossier chargé ensuite sur les wagons, voitures ou bateaux. Enfin, le restant des ordures triées subit une incinération partielle, et la vapeur résultante va actionner un turbo-alternateur. On obtient de la sorte ce résultat peu banal : *la métamorphose des ordures en courant électrique.*

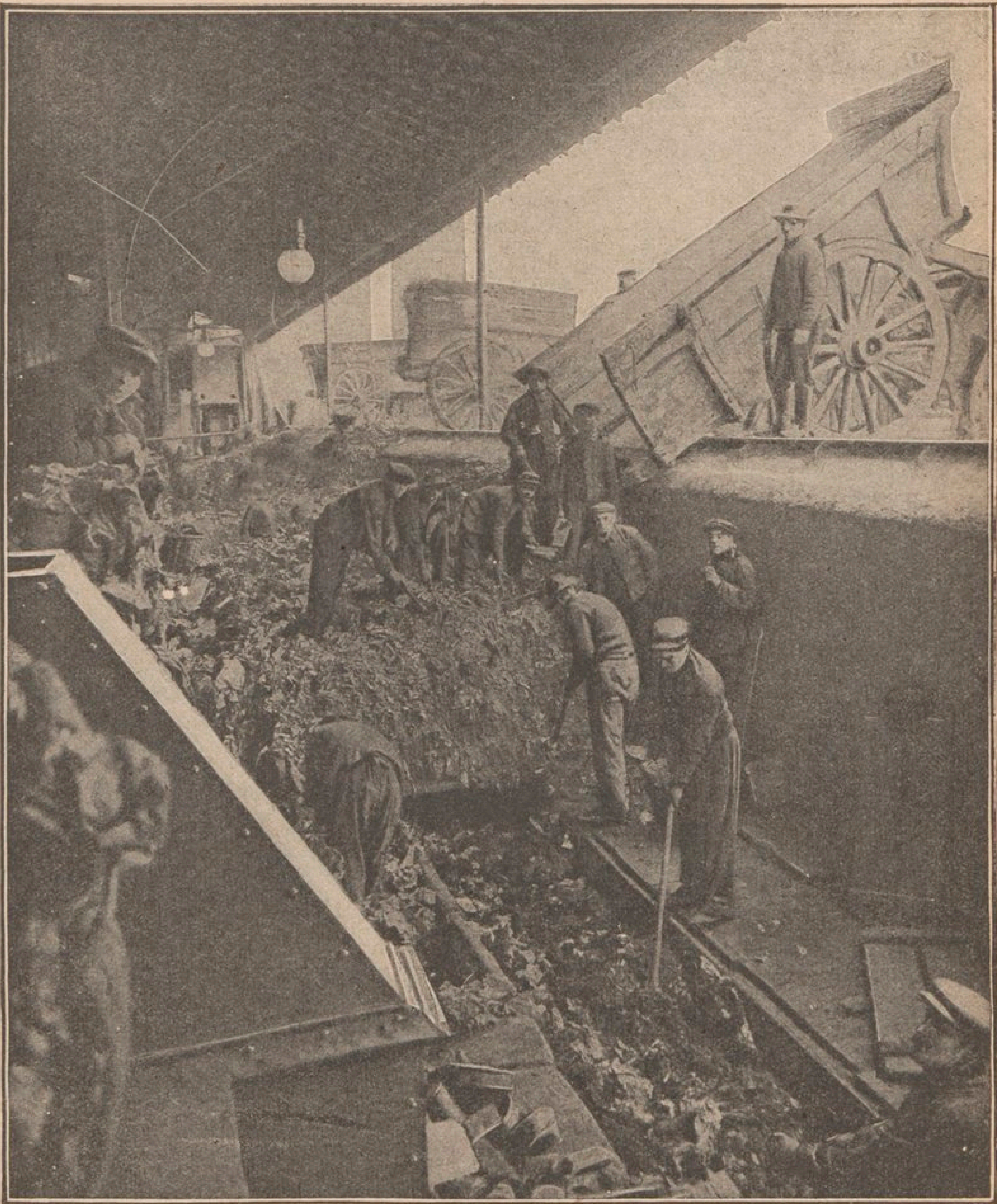


TRAITEMENT DES BRINS DE LAINE

On immerge les brins de laine retirés des têtes et des queues des moutons abattus, dans des bacs verticaux renfermant le liquide dégraisseur et dans lesquels plongent quatre fourches animées d'un mouvement de rotation. Un mecanisme extracteur enlève automatiquement ces déchets laineux, que l'ouvrier met ensuite dans des paniers.

L'usine d'Issy, qui occupe une superficie totale de 12.000 mètres carrés environ, est reliée, d'une part, à la Seine par un transporteur, et, de l'autre, au chemin de fer de l'Etat, rive gauche.

Aux extrémités des fosses de réception des gadoues, du côté des tambours de queue et vers le centre de chacune d'elles, sont établies des cloisons construites en fer et en tôle, laissant entre elles les emplacements réservés au triage des ordures ainsi



DÉVERSEMENT DES TOMBEREAUX D'ORDURES MÉNAGÈRES

A leur arrivée aux usines de traitement, à Issy-Les Moulineaux, par exemple, on décharge les tombereaux d'ordures dans les fosses, au fond desquelles circule une courroie transporteuse.

qu'aux élévateurs alimentant les *broyeurs* et les *fours d'incinération*. Des équipes d'ouvriers, placés en certain nombre le long du chemin roulant, débarrassent la gadoue des éléments inutiles pour la culture.

Les *élévateurs* sont disposés dans l'axe de l'usine et pénètrent dans la salle des broyeurs jusques auxquels ils remontent la gadoue triée. A leur sortie de l'appareil, les ordures broyées sont reprises immédiatement par un second élévateur qui les charge automatiquement sur les wagons.

Deux broyeurs, dont un seul marche à la fois, assurent la trituration des immondices.

Les fours d'incinération *système Meldrum* ont été habilement combinés et montés

LES ÉQUIPES D'OUVRIERS, PLACÉS LE LONG DU CHEMIN ROULANT, PROCÈDENT AU TRIAGE DES ORDURES DÉVERSÉES, AU FUR ET A MESURE QU'ELLES PASSENT DEVANT EUX

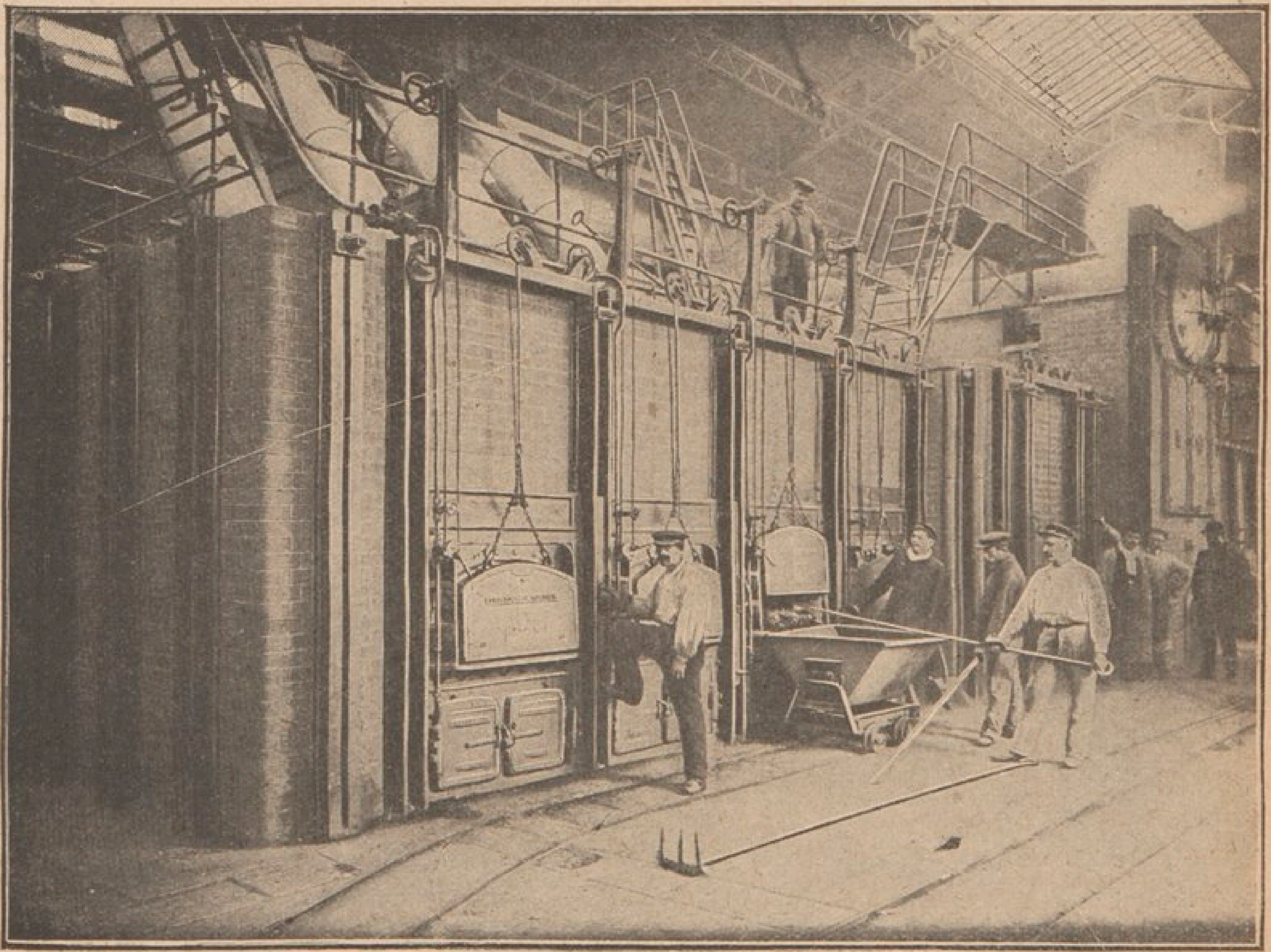
Avant de traiter les ordures, on commence par opérer un triage aussi complet que possible des éléments inertes et nuisibles qu'elles renferment : débris de vaisselle, objets métalliques, paillassons, chiffons et, d'une façon générale, tous les détritus ne renfermant point de principes fertilisants susceptibles d'être transformés en engrais pour l'agriculture.

dans une salle mesurant 47 m. 60 de longueur sur 16 m. 80 de largeur. Une passerelle règne, à 5 mètres environ de hauteur, sur toute la longueur du bâtiment, et soutient un transporteur automatique à courroies établi au niveau supérieur des goulottes. Comme la photographie, page 490, permet de s'en rendre compte, ce chemin roulant distribue la gadoue au moyen de portes qu'on peut rabattre à volonté devant chaque goulotte.

Le groupe de fours comprend trois unités. A son tour, chacune des unités se décompose ainsi : le four proprement dit de quatre grilles, la chambre de combustion, la chaudière multitubulaire et le « bye-pass » ou conduit de dérivation qui sert à évacuer les gaz dans la cheminée sans passer par la chaudière. Un dispositif permet, dans ce cas, d'envoyer les gaz au régénérateur pour réchauffer l'air de la soufflerie. En outre, des registres isolent les différents organes des appareils, qui comportent des passerelles et des escaliers métalliques. D'autre part, sur les trois groupes de fours, on a installé des chaudières multitubulaires Babcok et Wilcox, de 210 mètres carrés de surface de chauffe et qui sont munies de surchauffeurs. La vapeur des trois chaudières est recueillie par le collecteur général et envoyée dans un bâtiment voisin, où elle actionne un puissant *turbo-alternateur* de 1.000 kilowatts.

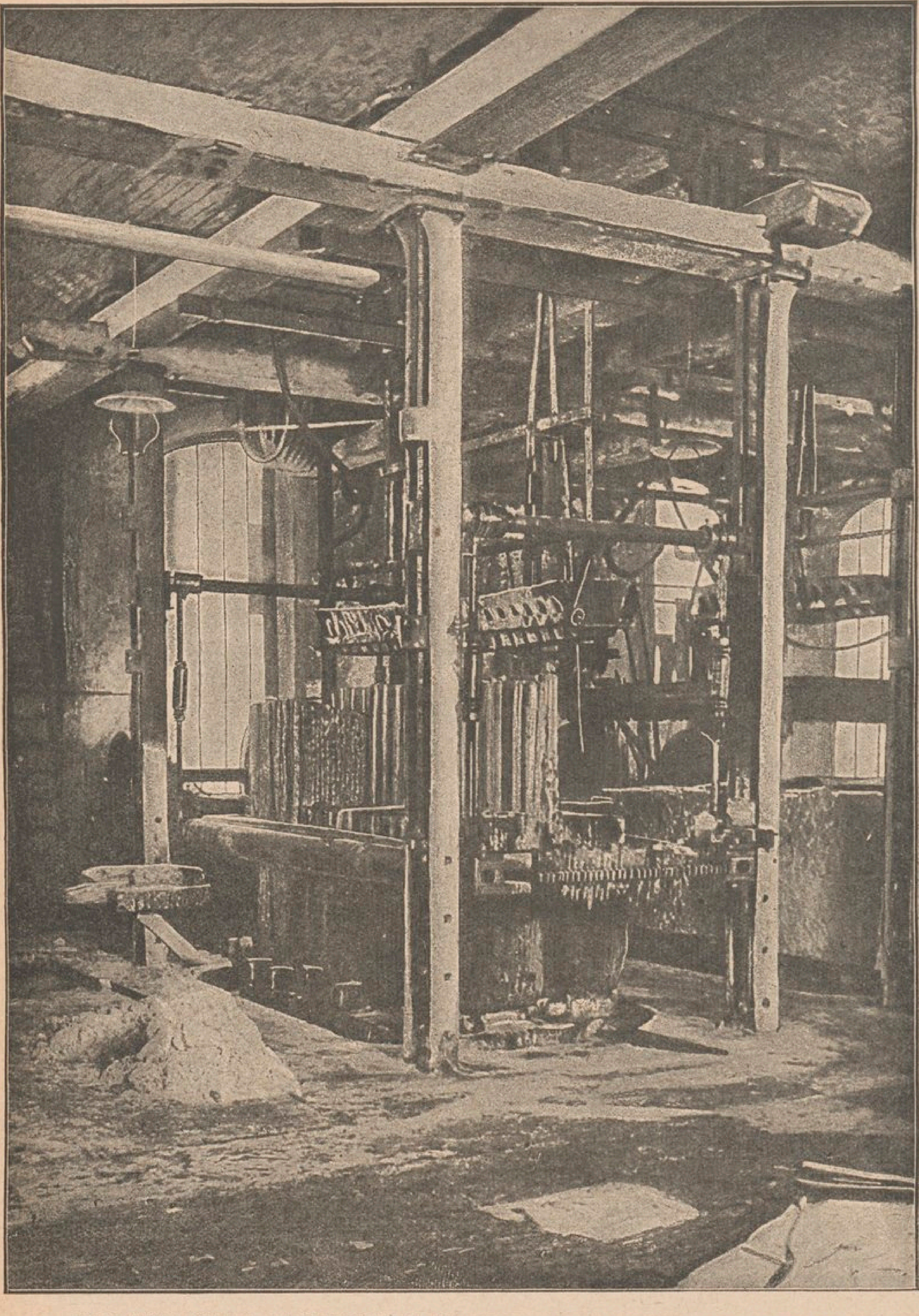
Enfin, il n'y a pas jusqu'aux *brins de laine* retirés des têtes et des queues de moutons abattus qu'on n'utilise aujourd'hui. On les immerge dans des bacs verticaux renfermant le liquide dégraisseur (savon, carbonate de soude ou autre ingrédient). Dans chacun de ces récipients sont disposées quatre fourches plongeant d'une certaine quantité dans le bain et animées d'un mouvement de rotation. A côté de ces dernières, se trouve un mécanisme extracteur destiné à enlever automatiquement la laine qu'entraîne une courroie sans fin ajourée. Toutefois, cette « laine morte » se montre inférieure à la « laine en toison » ; elle ne convient guère que pour la bonneterie ou la couverture.

JACQUES BOYER.



FOUR POUR L'INCINÉRATION DES ORDURES MÉNAGÈRES, SYSTÈME MELDRUM

L'installation comporte le four proprement dit, la chambre de combustion, la chaudière multitubulaire et le « bye-pass » ou conduit de dérivation qui sert à évacuer les gaz dans la cheminée sans passer par la chaudière.



LE TRAVAIL DE LA LAVE DES ANCIENS VOLCANS DU PUY-DE-DOME, A VOLVIC

On procède ici au tranchage en plaques très minces d'un bloc de lave, au moyen de la scie ordinaire à lame. Dans ce cas, le sciage est plus long, mais mieux fait que par l'emploi du fil hélicoïdal, qui donne souvent des surfaces insuffisamment planes.

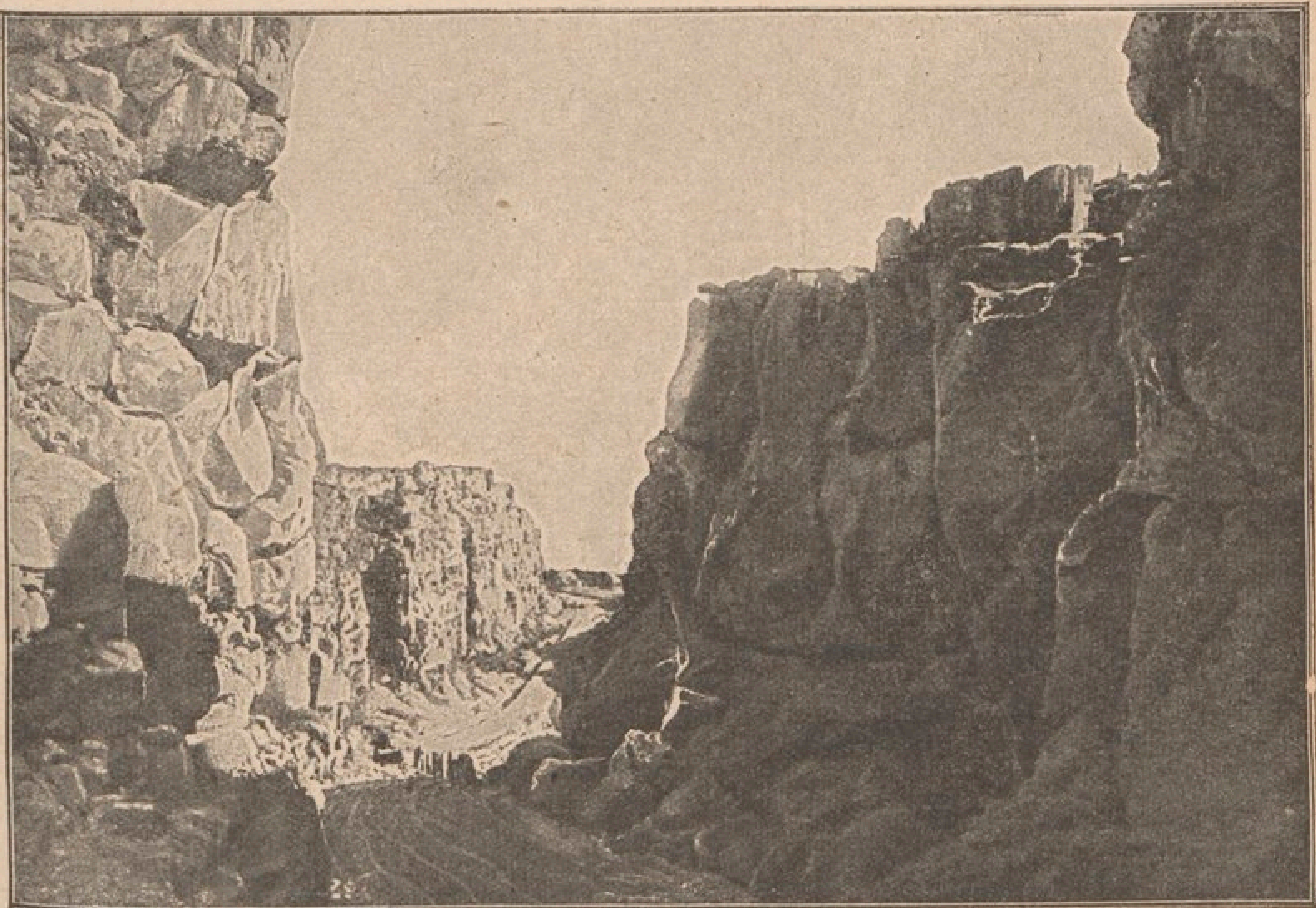
LES LAVES VOLCANIQUES SERVENT A DE MULTIPLES USAGES

Par Charles JUVIGNY

Les éruptions de volcans, dans les pays peuplés et cultivés, sont des cataclysmes entraînant parfois des dommages énormes, des ruines nombreuses. La lave vomie par le cratère, en s'épanchant tout à l'entour, inonde les terres, les champs, les prairies, les jardins, brûlant, dévastant tout, flambant les arbres, démolissant ou ensevelissant les maisons d'habitation, sans compter les pertes de vies humaines. Parfois — et les exemples sont nombreux — des pays entiers, fertiles et prospères, sont ainsi transformés pour toujours en d'arides déserts.

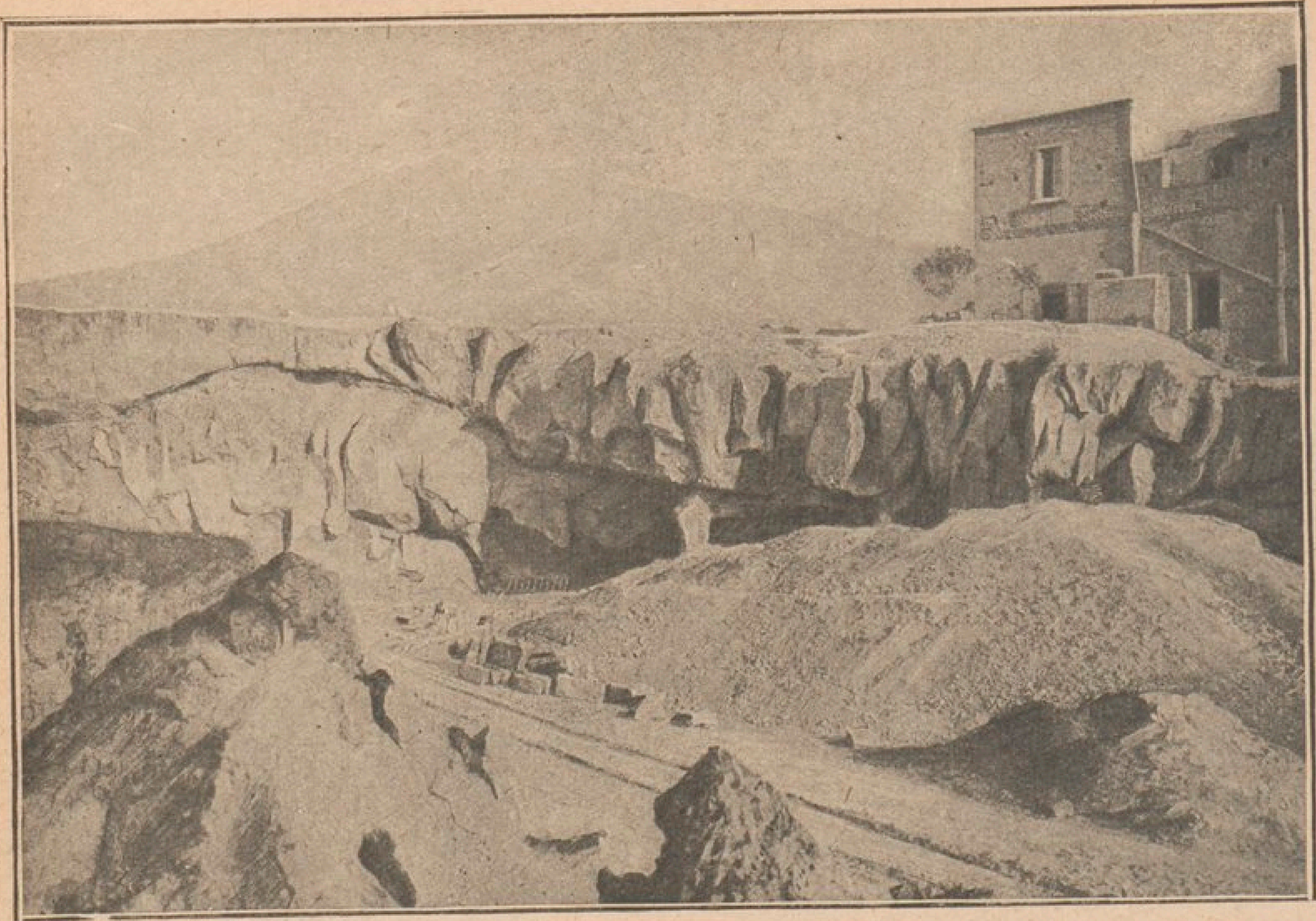
Cependant, tout n'est pas perte sèche dans la catastrophe. A côté du mal, il y a le bien. A côté de la perte, il y a le profit. Cette lave si désastreuse et si redoutée, terreur des habitants de la région, n'est pas, en effet, un produit sans valeur ; elle est parfaitement utilisable, et l'homme sait en tirer parti pour les besoins de son industrie.

Les laves, on le sait, sont des roches en fusion que les volcans rejettent sous forme de coulées ou de projections ; leur composition est variable et elles renferment des matières vitreuses associées à des cristaux. Légères, poreuses et dures, ce qui fait qu'elles servent à polir le bois, l'ivoire, les métaux, etc., elles sont constituées principalement par des roches silicatées plus ou moins basiques, généralement anhydres (le feldspath, qui est un silicate double d'alumine avec potasse, soude, lithine, chaux ou quelque autre base, en forme la masse principale), et d'autant plus riches en silice, et plus légères, qu'elles sont rejetées à une

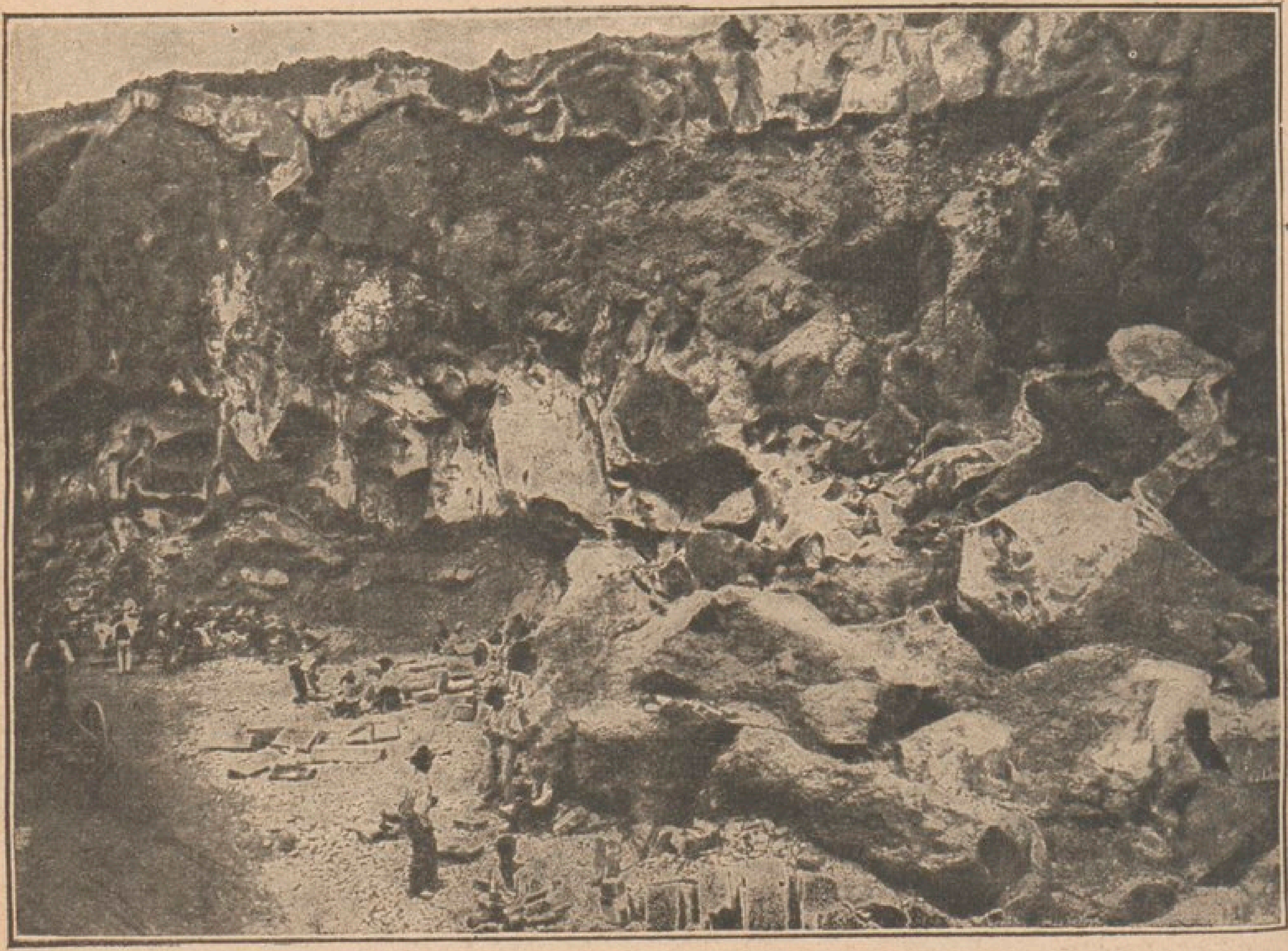


ROUTE TAILLÉE DANS UNE ÉNORME COULÉE DE LAVE, EN ISLANDE

Cette voie pittoresque, bien connue des touristes, donne accès au célèbre cirque volcanique de Thyngvalla.



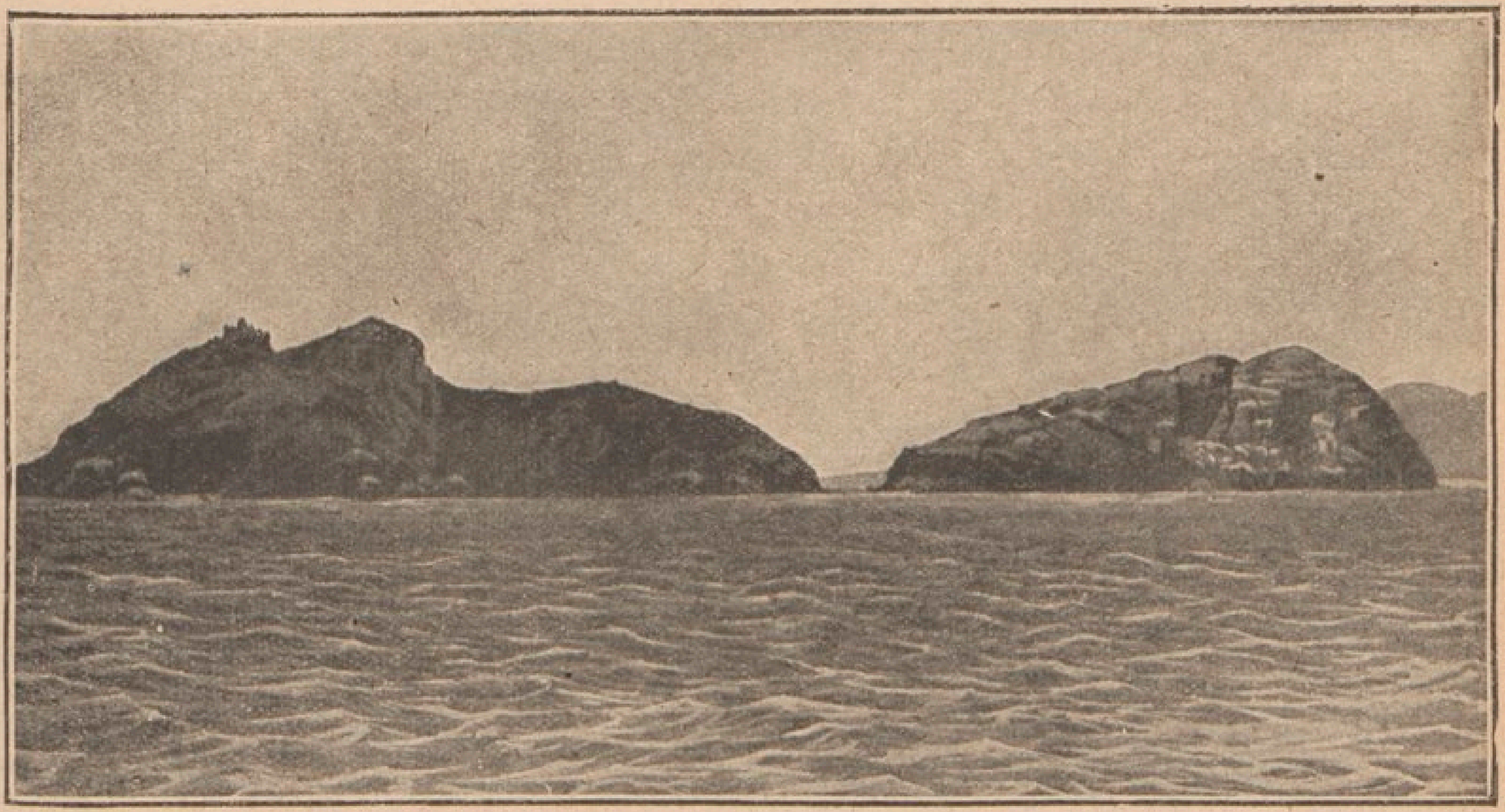
ACCÈS A UNE CARRIÈRE OUVERTE DANS LA COULÉE DE LAVE DU VÉSUVE (1872)



VUE GÉNÉRALE DE LA CARRIÈRE DANS LA COULÉE DE LAVE DU VÉSUVE DE 1872

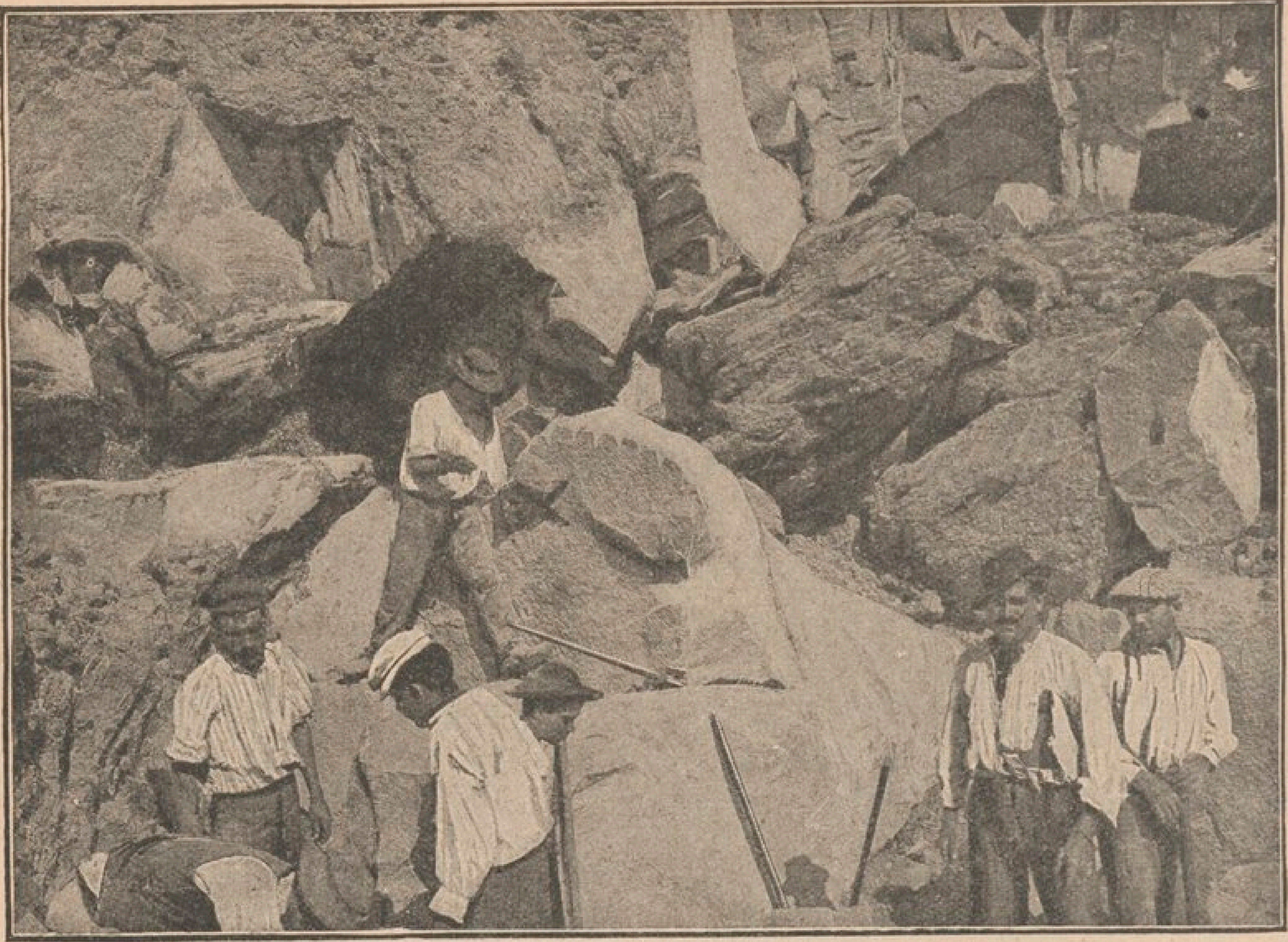
plus grande hauteur. Ainsi, à Ténériffe, les laves du sommet renferment 58 à 59 de silice avec une densité de 2,35 ; plus bas, la teneur en silice est de 52 avec du fer et de la chaux ; la densité est de 2,94. Enfin, au bord de la mer, la lave volcanique renferme 47 % de silice et sa densité est de 3,01.

On distingue les laves d'après leur aspect, leur texture et leur composition s'il y a lieu, et on divise ainsi les espèces les plus importantes : 1° le trachyte, roche âpre au toucher, tantôt compacte et d'un éclat semblable à celui de la cire, tantôt cristalline et finement poreuse, parfois même poreuse et terne. Le trachyte est ordinairement d'un gris blanchâtre ; rarement, il tourne au brun. Il se compose essentiellement de feldspaths albite (silicate double d'alumine et de soude) et fryacolite (silicate d'alumine, de soude et de potasse). Très commun dans le sol des montagnes volcaniques éteintes et même de celles qui brûlent encore, le trachyte fait rarement partie des coulées ou nappes provenant des éjections modernes du volcan ; 2° l'obsidienne, roche homogène, vitreuse, de couleur variable, formée de feldspath, dont une espèce ou une autre prédomine et imprime à cette sorte de lave des caractères analogues aux siens. Elle est rejetée en général par les bouches volcaniques qui se sont ouvertes au milieu des trachytes ; 3° les laves compactes, roches compactes de couleurs foncées, le plus souvent formées de feldspath labradorite (silicate d'alumine et de chaux) et de quelques autres matières feldspathiques. On trouve les laves compactes au centre des courants épais de laves solidifiées et à la partie inférieure des dépôts de laves qui se sont arrêtées dans les bas-fonds ; là, elles se divisent assez souvent en colonnes prismatiques ; 4° les laves poreuses ou scoriacées, mêmes roches que les précédentes, mais autrement disposées ; la structure poreuse ou cellulaire les caractérise et on les trouve à la surface des laves solidifiées ou le long des traînées suivant lesquelles celles-ci ont coulé ; 5° les pouzzolanes ou tufs volcaniques, amas de cendres volcaniques, de petits grains de sable ou *rapilli*, souvent mêlés de matières terreuses ; 6° les ponces ou les tufs poreux, roches communément grises ou blanchâtres, très poreuses, légères et fragiles, composées de fibres entrecroisées en tous sens d'une matière plus ou moins intime. Les ponces sont constituées par des matières feldspathiques diversement mélangées ; 7° les conglomérats trachytiques, formés de fragments de trachytes liés entre eux par une matière cristalline ou terreuse ; 8° les scories volcaniques, matières volcaniques diverses, boursouflées, que l'on trouve autour de la bouche des volcans, souvent à de grandes distances, qui proviennent de leurs éjections,



VUE GÉNÉRALE DES ILES VOLCANIQUES LIPARI, AU NORD DE LA SICILE

Ces îles, très activement exploitées par les indigènes, fournissent de la pierre ponce au monde entier.



POUR SÉPARER LES BLOCS DE LAVE, ON SE SERT DU PIC ET DE COINS EN FER

Dans les éruptions volcaniques, aussitôt que la croûte qui obstruait le fond du cratère vient à se briser, la lave fondue s'échappe et se déverse du côté où elle trouve le moins d'obstacles ; elle s'écoule à une distance plus ou moins considérable, selon la pente que présente le terrain, et elle continue à marcher quelquefois pendant quinze et dix-huit mois. Après sa sortie du cône volcanique, la lave en fusion se refroidit à l'extérieur, se solidifie en se ridant de toutes les manières, et se recouvre d'une croûte ordinairement mêlée de scories, dont l'épaisseur devient de plus en plus grande, et finit par faire équilibre à la pression des matières nouvelles qui continuent à s'échapper de la source volcanique ; quand celle-ci est tarie, la lave, emprisonnée dans l'espèce de manchon que forme cette croûte, continue à couler, jusqu'à ce que, devenant de plus en plus visqueuse, elle cesse de s'avancer et produise une sorte de culot plus ou moins épais à l'extrémité de la coulée.

ON UTILISE AUSSI FRÉQUEMMENT LA POUDRE

Voici, en effet, un éboulis de blocs de lave après un coup de mine.

D'après les observations faites à la suite des éruptions de divers volcans, il résulte que lorsque la pente du terrain sur lequel la lave s'écoule est

ON PEUT ÉGALEMENT PRATIQUER UNE « GROTTE » DANS LA PAROI DE LA LAVE

très forte, celle-ci forme constamment un courant étroit et peu épais, et, quand la source est épuisée, il ne reste plus à la surface du sol qu'une croûte superficielle de matière celluleuse en fragments plus ou moins contournés. Quand, au contraire, la pente est très faible, la lave coule très lentement ; il se fait des dislocations très fortes dans la croûte solidifiée qui l'enveloppe, et la surface de la coulée présente une très grande irrégularité. Enfin, si l'écoulement a lieu dans un plan sensiblement horizontal, la matière s'arrête d'elle-même après s'être étalée sur un certain espace, et forme alors des nappes à surfaces assez minces. Dans chacune de ces coulées, la lave présente un aspect caverneux et tiraillé ; si, par des circonstances locales et accidentelles, la matière a pu s'accumuler sur une grande épaisseur, les produits ont une texture compacte et souvent cristallisée.

ET L'ON PROVOQUE ENSUITE DES ÉBOULEMENTS

Mais ce travail présente pour les ouvriers de sérieux dangers.

La température de la lave, quand elle sort du volcan, est très élevée : le cuivre cristallise, l'argent est sublimé, ce qui indique une température supérieure à 1.000 degrés ; elle s'écoule, nous l'avons dit, avec une vitesse variant suivant

la pente du terrain et qui peut aller de quelques centimètres par minute à huit mètres par seconde. Au Vésuve, cette vitesse, à la sortie du cratère, est ordinairement de mille mètres par heure, en moyenne. Comme elle est mauvaise conductrice de la chaleur et protégée, en outre, par la croûte qui se forme à sa surface, elle conserve très longtemps sa chaleur ; ainsi, on mesura une température de 75 degrés centigrades tout près de la surface d'une coulée de lave qui datait de sept années.

Souvent, les coulées se superposent, ce qui donne à la masse une grande épaisseur. Comme chacune conserve sa couleur propre (elles sont généralement toutes de couleurs et parfois de variétés différentes), il est aisé de les distinguer les unes des autres.

Le volume de lave émis par un volcan dans une grande éruption est formidable et se chiffre, au dire des sismologues, par dizaines de millions de mètres cubes.

Les laves possèdent, comme toutes les matières vitreuses, la propriété de n'arriver

DRESSAGE ET FINISSAGE DES DALLES DE LAVE DU VÉSUVE DESTINÉES AU PAVAGE DES RUES DE NAPLES ET D'AUTRES VILLES DE L'ITALIE MÉRIDIONALE

Il en résulte que, quand la lave coule sur la neige ou se répand sur les glaciers, elle n'arrive pas à les fondre entièrement.

Les coulées de lave ont des dimensions qui atteignent parfois des proportions énormes. La coulée du Vésuve, qui détruisit, en 1794, Torre del Greco, avait 5.700 mètres de long, 650 mètres de large et 13 mètres de hauteur. Il y en a de beaucoup plus considérables dans certains pays volcaniques.

On en mesure aux îles Sandwich qui ont 50 kilomètres de long, 2.000 mètres de large et une centaine de mètres d'épaisseur.

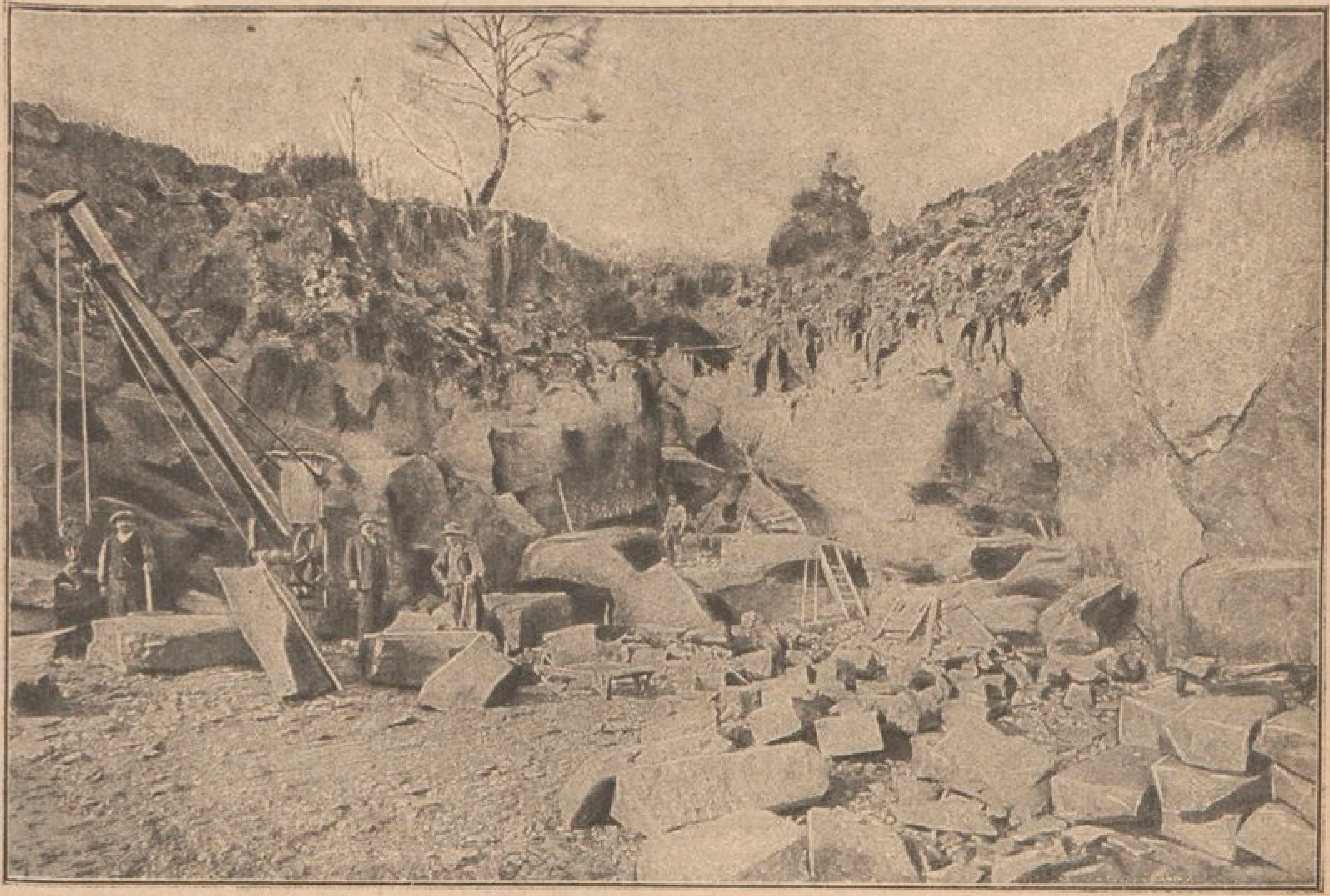
En Islande, en 1783, une seule éruption du Mont-Hécla couvrit d'une nappe de lave une étendue de 1.200 kilomètres carrés.

de l'état liquide à la forme solide qu'en passant par tous les degrés de l'état pâteux, c'est pourquoi elles conservent fréquemment des traces de leurs mouvements de torsion, d'étirement, etc. Leur nature chimique les rapproche des basaltes, mais elle est moins uniforme. Leur forme est des plus variables : tantôt, elles sont compactes, et, d'autres fois, elles sont bulleuses ; on les nomme *lapilli* ou *rapilli* quand elles sont en petits fragments, et cendres volcaniques lorsqu'elles deviennent d'une extrême ténuité. Ces cendres sont quelquefois agglomérées par des ciments calcaires et constituent alors de véritables tufs volcaniques.

Les laves solidifiées et arrivées à l'état de

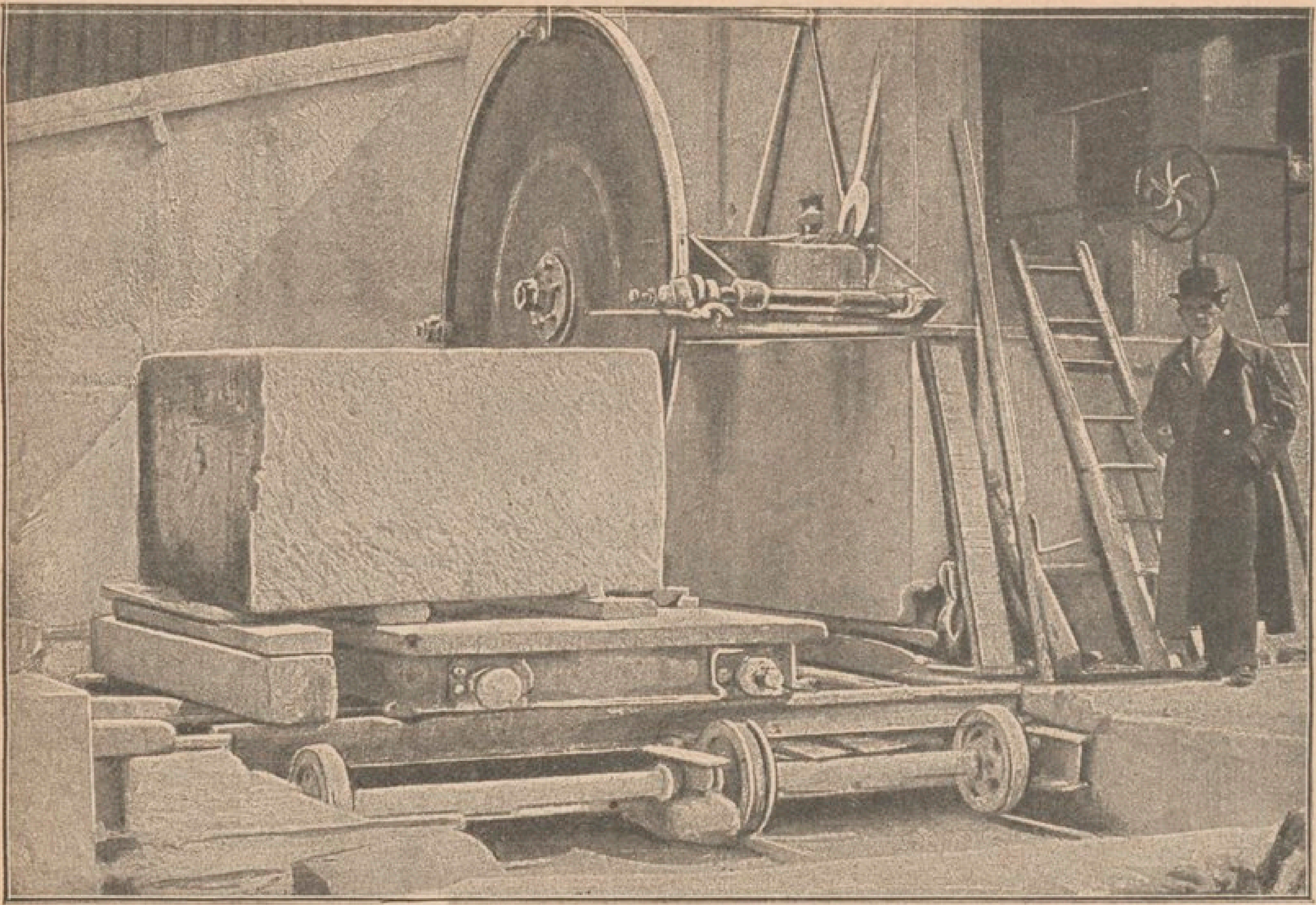
roches sont très employées dans l'industrie et comme pierres de construction. En France, les laves d'Auvergne, d'un noir très foncé, et dont le grain est plus fin et moins serré que celui du granit, ont servi à édifier des constructions dans toute la Limagne, à Clermont-Ferrand (la cathédrale principalement), à Riom (l'église), au Mont-Dore (l'établissement thermal), etc., ainsi que des tombeaux, des statues, etc. Elles sont fournies surtout par les célèbres carrières de Volvic, dont l'exploitation remonte au moins au treizième siècle (la statue colossale de la Vierge qui domine la ville, ainsi que l'église romane sont également en lave). Cette lave, dite pierre de Volvic, découpée en tranches plus ou moins minces, sert aussi pour revêtir des soubassements humides, des fontaines, des urinoirs, etc. Elle n'est pas friable comme la pierre ponce, elle est plus résistante et supporte parfaitement le nettoyage. A Paris, l'administration municipale l'a employée pour le dallage des trottoirs, mais on lui a postérieurement substitué le granit, plus dur, plus résistant. On l'utilise également dans les usines de produits chimiques pour faire des récipients inattaquables aux acides, résistant aux morsures des sels chimiques, et ce sont les seules pierres au monde qui possèdent ces qualités.

C'est le chimiste Kessler, bien connu pour diverses inventions, telles que la gravure chimique du verre à l'acide fluorhydrique, la peinture au caoutchouc et l'*Exorateur* (appareil d'évaporation), qui a, le premier, utilisé industriellement cette propriété de la lave de Volvic (dont les carrières étaient voisines de sa résidence d'Auvergne) de résister à l'acide sulfurique, même aux hautes températures, pour la concentration de celui-ci au lieu d'employer les coûteux appareils en platine en usage jusque-là. La lave volcanique, taillée en plateaux, recevait l'acide d'où l'eau était chassée par insufflation d'air chaud. Le *Saturex* (tel fut le nom qu'il donna à son appareil) fut immédiatement reconnu si avantageux, que la plupart des fabricants d'acide sulfurique possesseurs de concentrateurs en platine, s'empressèrent de les revendre afin de bénéficier de la hausse considérable survenue sur le métal par suite de l'accaparement effectué par d'autres industries. et ils n'hésitèrent pas à adopter le procédé Kessler.



VUE GÉNÉRALE D'UNE CARRIÈRE DE LAVE EN EXPLOITATION A VOLVIC, BOURG IMPORTANT DU CANTON DE RIOM, DANS LE DÉPARTEMENT DU PUY-DE-DOME

Après la mort de celui-ci, survenue en 1905, son successeur, M. Teissot, apporta au



DÉBITAGE DES BLOCS DE LAVE A VOLVIC, A L'AIDE DE LA SCIE CIRCULAIRE

Cette scie est dite diamantée, en ce sens que les dents sont remplacées par des diamants sertis à la périphérie du disque, lequel tourne à la vitesse angulaire de 40 mètres par seconde.

Saturex primitif diverses améliorations de détail qui furent appliquées désormais dans toutes les grandes installations récentes. Dans l'ancien appareil, les gaz chauds arrivaient par trois canaux longitudinaux en pierre ponce, pour barboter dans le bain d'acide. Le nouveau Saturex ne contient plus de pierre ponce : les gaz arrivent en sens inverse de l'acide, rencontrant sur leur passage des barrages successifs en fragments de lave volcaniques ou pierres de Volvic, qui les forcent chaque fois à lécher le courant d'acide, lui enlevant ainsi son eau en excès.

Actuellement, toute la production des carrières, pour ainsi dire inépuisables, de la région (Volvic et Mont-Dore) est réquisitionnée par l'administration de la Guerre,et sert à construire, entre autres, les concentrateurs, les cuves à acides pour la fabrication des poudres et des explosifs, des gaz asphyxiants et les appareils à cyanuration.

Enfin, la lave de Volvic se prête convenablement aux travaux de sculpture. Sa couleur, lorsqu'elle sort des carrières, est d'un brun tirant sur le violacé ; elle noircit à la longue et conserve désormais une teinte uniforme qui ne manque pas de caractère.

La roche volcanique dite trachyte sert également comme pierre à bâtir, et la cathédrale de Cologne, ainsi que de nombreux autres monuments, sont faits de cette matière. Une autre variété, appelée *domite*, servait aux anciens pour faire leurs sarcophages.

Les laves de l'Hérault se débitent en pierres de taille et en moellons ; la ville et le port d'Agde, ainsi que les parois du canal du Midi, sont construits avec ces matériaux. A Saint-Denis, dans l'île de la Réunion, on emploie, comme pierre à bâtir, une lave noire, scoriacée, avec péridot, qui est caverneuse comme la meulière et qui prend bien le mortier ; elle se laisse tailler ou piquer avec facilité. Généralement, on lui donne la forme de briques très régulières. En Prusse, on fait des meules très estimées avec la lave de Niedermendig, qui est célèbre par la grande variété de minéraux qu'on y trouve.

Dans les Vosges, on donne le nom de lave aux plaques minces de grès bigarré de Voivres, que l'on exploite pour toitures. Les plus belles variétés peuvent être réduites à l'épaisseur d'une forte ardoise, mais elles ont l'inconvénient d'être lourdes et de se briser facilement. Dans le département de

la Haute-Saône et dans le Lot, on appelle communément lave un calcaire schistoïde et très fissile de l'oolithe jurassique.

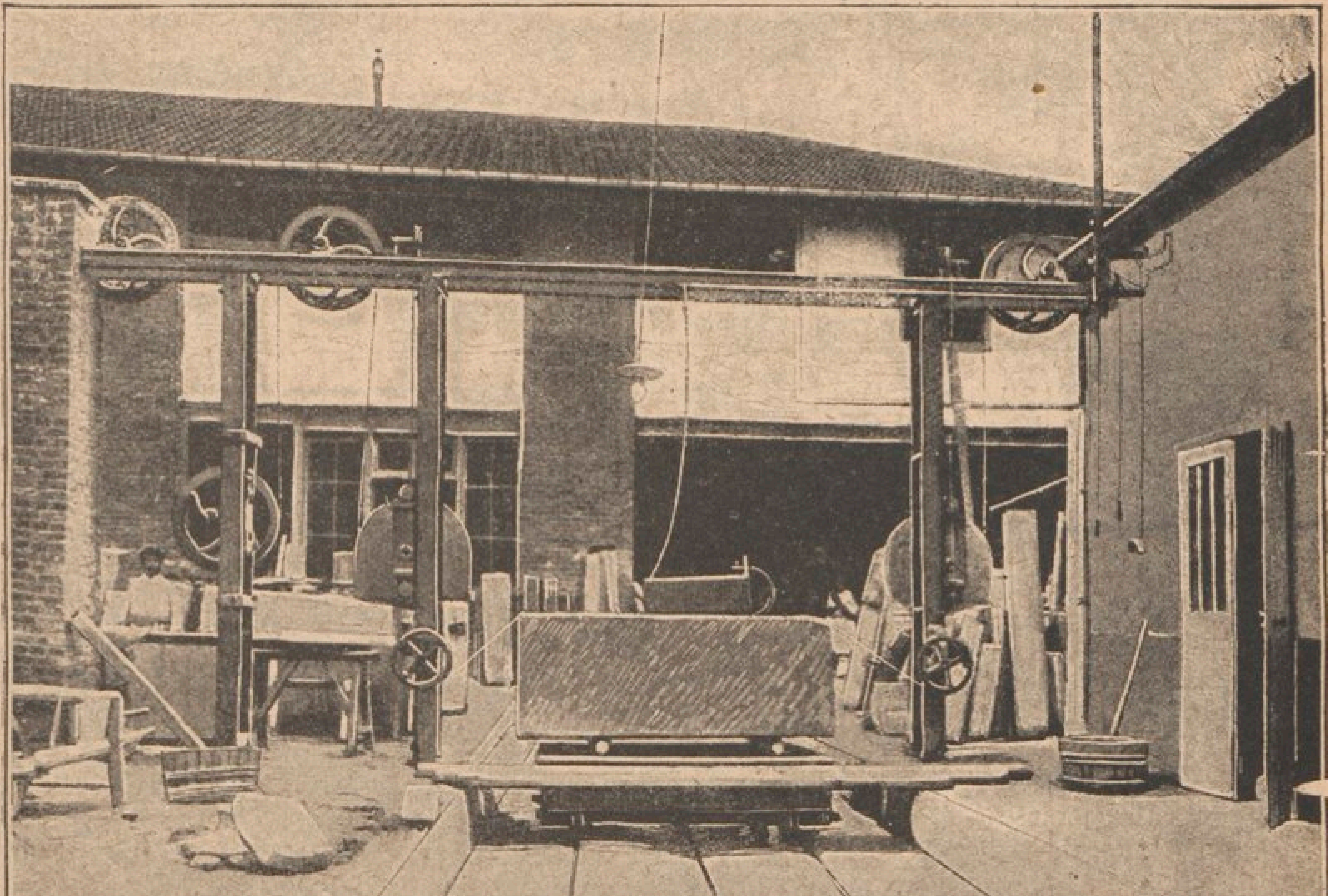
Les ponces, dont on connaît les multiples usages dans l'industrie et pour la toilette, s'utilisent en morceaux convenablement taillés et en poudre. Les plus belles sortes viennent des îles Lipari ; c'est même celles-là seulement qui sont généralement employées dans tous les pays d'Europe, et leurs qualités sont, en effet, très remarquables. Elles donnent lieu à une exploitation à laquelle se livrent uniquement les indigènes, et qui est des plus rudimentaires. Elle est le plus souvent souterraine, et l'abatage se fait au pic. Le ramassage se fait à la main, et le transport s'effectue à dos d'homme ou de mulet jusqu'au port d'embarquement.

Les pouzzolanes se ramassent dans de nombreuses régions volcaniques ; les plus renommées viennent de Pouzzoles (Italie).

L'extraction de la lave à Volvic s'opère rarement avec la mine. On se sert ordinairement de coins, que l'on enfonce au moyen de maillets. La cassure est plus régulière par ce procédé, et les tailleurs de pierre obtiennent plus facilement ainsi des blocs à leur convenance. On emploie la mine lorsqu'il se présente des rochers ou des parties de lave qu'il serait impossible ou trop dispendieux d'extraire autrement. La pierre, soulevée avec des leviers, est attachée à des cordes, puis enlevée hors de la carrière par des pieds-de-chèvre ou des grues de différents systèmes. On la dépose alors dans les chantiers qui entourent la carrière, d'où on la transporte ensuite à sa destination.

Tous les blocs extraits ne peuvent pas être indifféremment employés. La qualité en est assez variable. La taille fait souvent découvrir des nodosités auxquelles les carriers donnent le nom de *chenillards*, et la pierre a d'autant plus de valeur, elle se prête d'autant mieux au façonnage, qu'elle présente un plus grand volume exempt de défauts.

Dans toutes les autres carrières de pierres volcaniques de France, il en est à peu près de même qu'à Volvic, et l'extraction s'y fait à la main. Cependant, au cours de ces dernières années, on a procédé à l'installation de procédés d'extraction au moyen du sciage des roches par fil hélicoïdal Fromholt, lequel a fait l'objet d'une description dans un article antérieurement publié dans *La*



AUTRE MÉTHODE DE DÉBITAGE DES BLOCS DE LAVE VOLCANIQUE, A VOLVIC

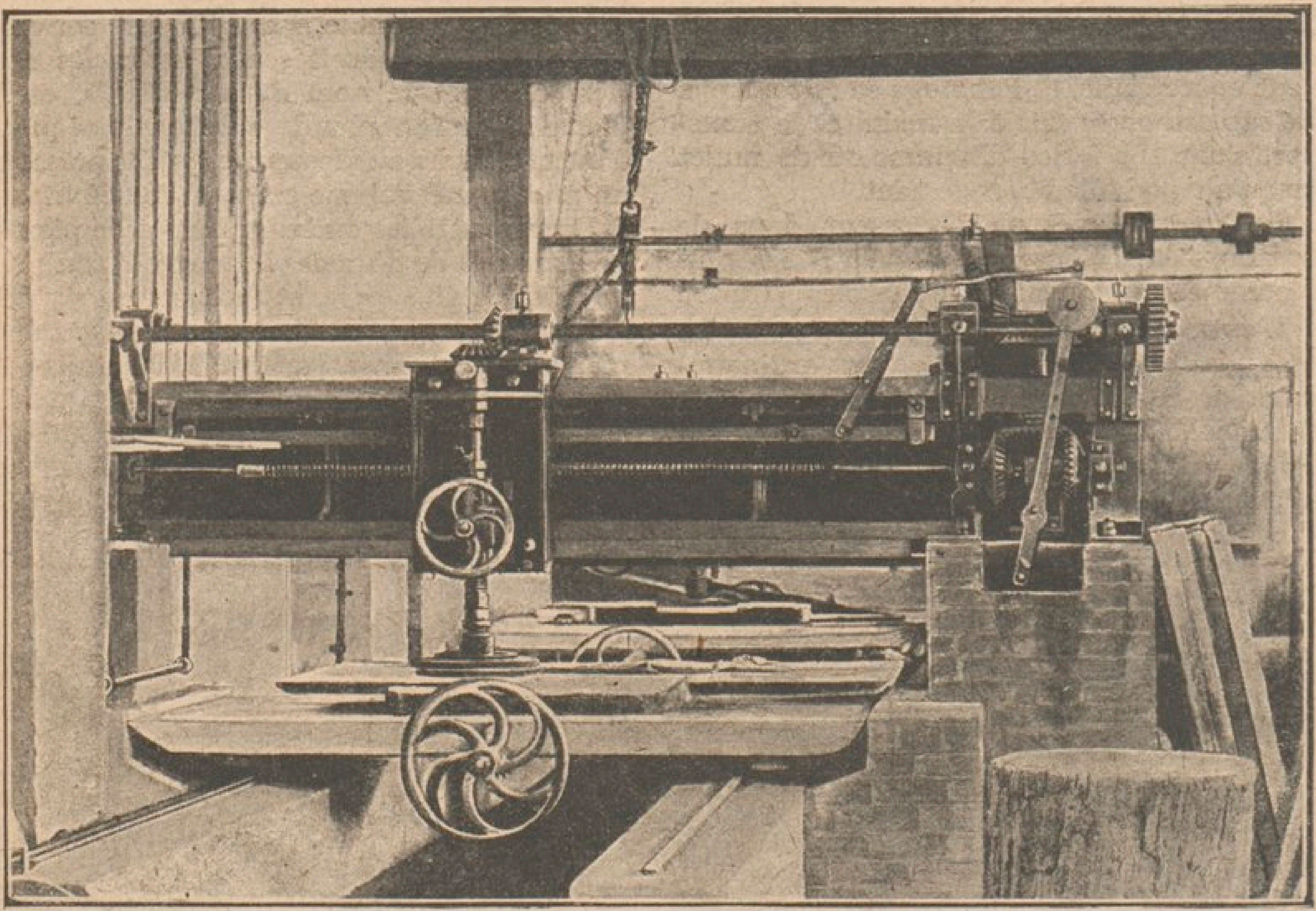
Ce débitage est effectué en tranches de moyenne épaisseur à l'aide du fil sans fin Fromholt, lequel fil, venant des poulies de renvoi, passe au-dessus du bloc, dans lequel il pénétrera.

Science et la Vie, à propos du sciage du Pont-Neuf, à Paris, et qui donne des résultats tout à fait remarquables comme rapidité d'exécution et économie de main-d'œuvre.

Une nouvelle carrière de lave, qui vient d'être ouverte au Mont-Dore, est organisée pour être exploitée par ce système.

Un inconvénient de la lave, pour certains emplois, est sa porosité. Il fut heureusement surmonté par Dutrieux, fabricant de faïence, mort en 1828, qui imagina un procédé pour peinture en émail sur lave, dont les grès psammites émaillés et les ardoises, également émaillées, ne sont que des applications particulières. Ladite peinture s'exécute avec des couleurs de porcelaine sur de grandes dalles de lave de Volvic, que l'on émaille auparavant à la cuisson du moufle. On arrive à produire ainsi des plaques de deux à trois mètres de dimension et d'une seule pièce.

Mentionnons, pour terminer, une petite industrie assez prospère à Naples et dans les



DRESSAGE ET POLISSAGE DES PLAQUES DE LAVE DU PUY-DE-DOME

Ces deux opérations se font en promenant à la surface desdites plaques une meule de carborundum tournant à grande vitesse et animée, par le moyen de pignons d'angle, d'un mouvement de va-et-vient dans le sens longitudinal. Les plaques sont solidement fixées sur un chariot pouvant se déplacer sur un rail dans le sens transversal.

l'émailler ; il communiqua sa découverte au chimiste Mortelèque, lequel la perfectionna convenablement, car elle était encore très imparfaite. Il rendit le procédé plus propre à son nouvel usage. Le premier, il produisit définitivement la peinture sur lave.

Ce procédé consiste à remplacer par des plaques de lave, pour la peinture monumentale, la toile, le bois et les mortiers usités jusqu'alors. On exécute les dessins sur ces plaques avec des couleurs vitrifiables qui, soumises ensuite à l'action du feu, s'incorporent à la matière sous-jacente et deviennent indestructibles ; c'est ce qu'on appelle la environs, à laquelle la présence du Vésuve a donné naissance : c'est celle des « souvenirs » en lave du volcan napolitain, dont font emplette les touristes qui parcourent l'Italie. Ils se composent de bas-reliefs en lave moulée encore chaude (ou que l'on fait convenablement chauffer avant leur moulage, s'il s'agit de laves anciennes) et que l'on monte comme des camées, en broches, en breloques, en chatons de bagues, en médaillons, etc...

On voit que les volcans et leurs laves ne sont pas uniquement une source de calamités, mais servent encore à l'industrie.

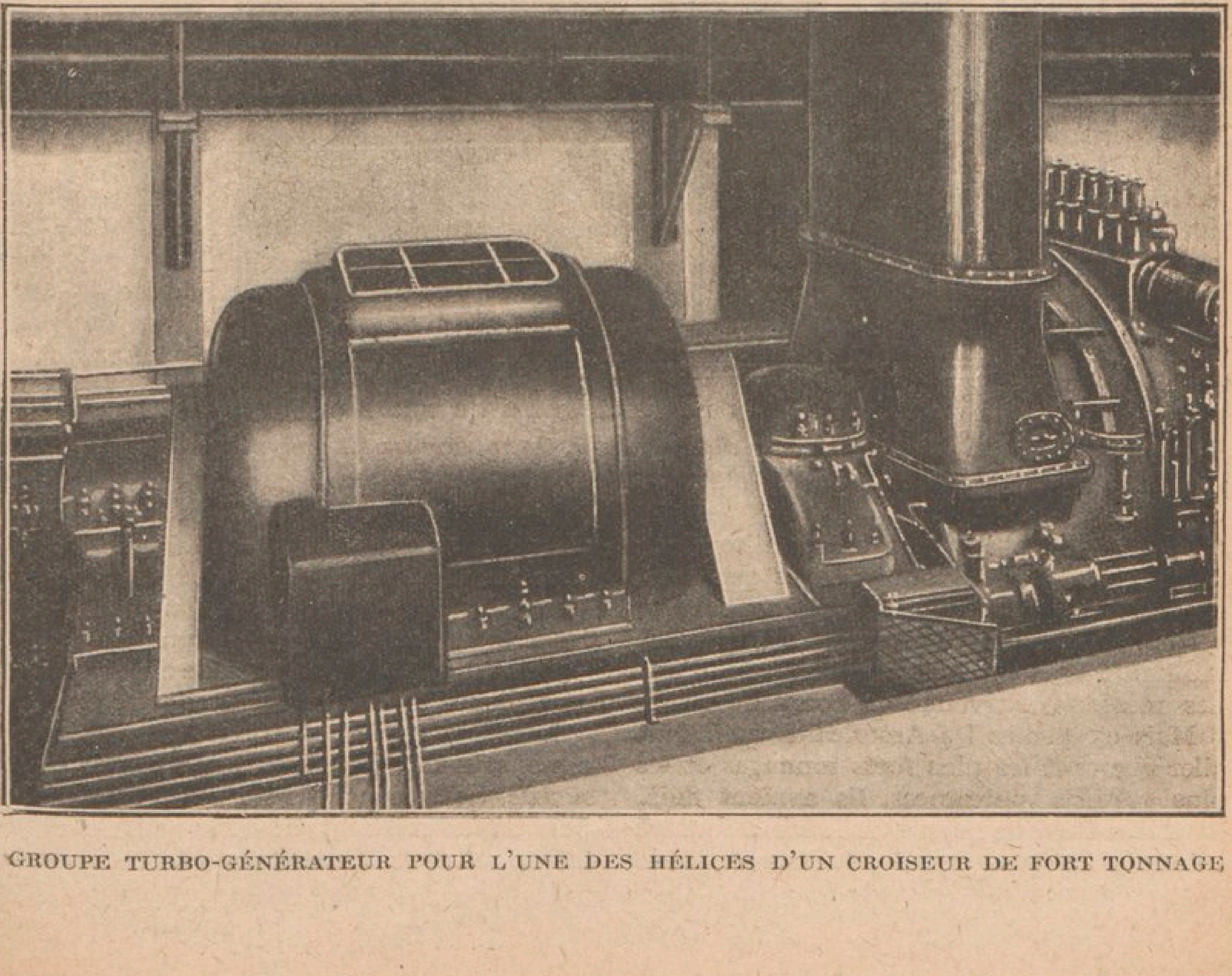
CHARLES JUVIGNY.

LA PROPULSION ÉLECTRIQUE DES NAVIRES

Par Jean-Louis MÉREVILLE

Il y a dix ans, les fameux cuirassés anglais de la classe *Dreadnought* étaient appelés des colosses, et on les considérait comme le dernier mot de la science navale. De fait, ils étaient réellement d'une taille et d'une allure impressionnantes, ces monstres d'acier, avec leurs 18.200 tonnes de déplacement, leurs turbines de 23.000 chevaux fournissant une vitesse de 21 nœuds et leurs dix canons de 305 millimètres, montés par paires dans cinq tourelles cuirassées. Ils coûtaient cher, à peu près une cinquantaine de millions, et, à ce propos, les critiques ne leur étaient pas ménagées, car on trouvait bien imprudent de mettre une aussi grosse somme dans un engin qu'une simple torpille pouvait envoyer par le fond, et quelques-uns, même, prononçaient le mot de folie navale, lequel ne s'est pas justifié, car ces navires ont fait, jusqu'ici, un bon service, et leur torpillage est resté à l'état de désir chez les Allemands.

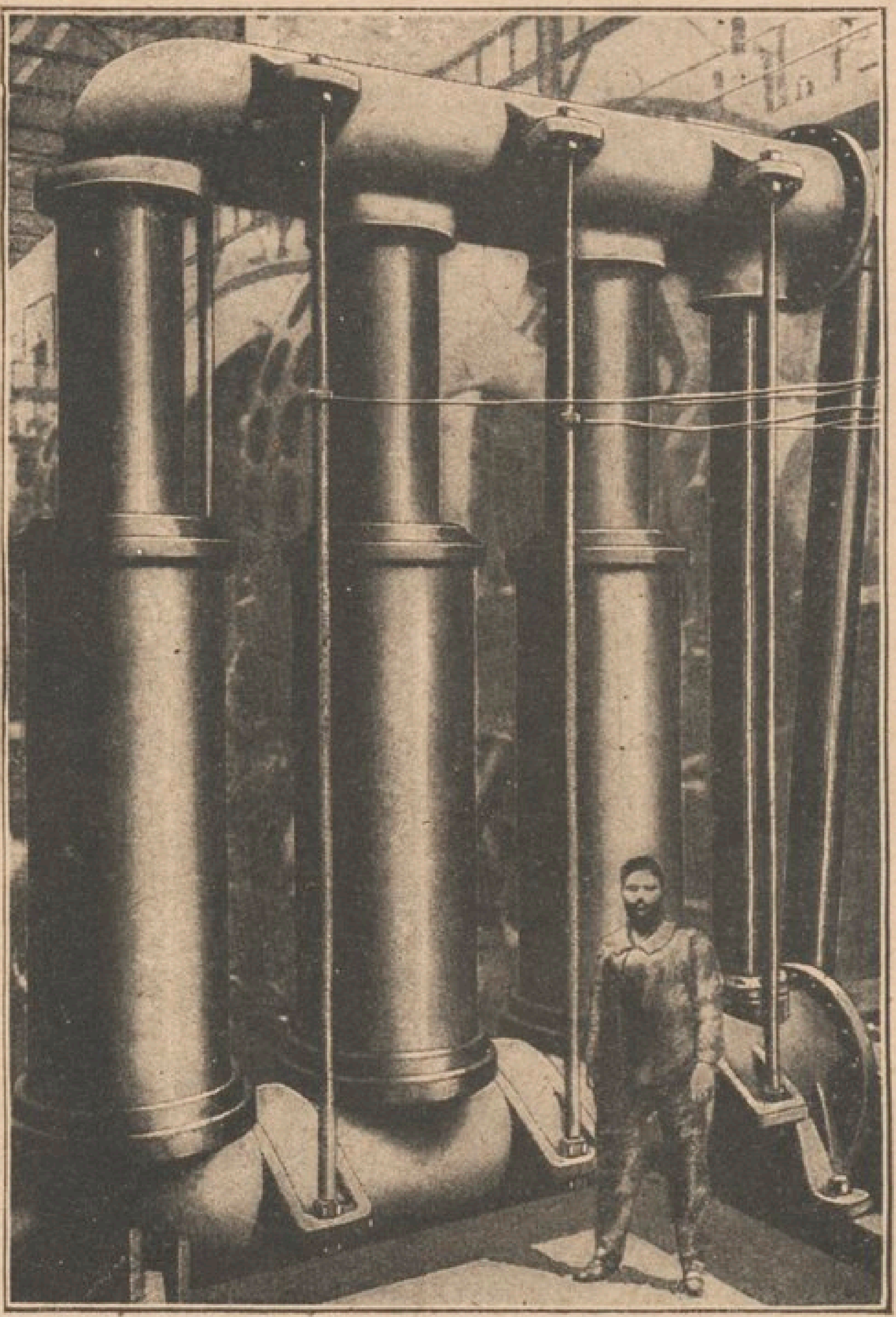
Comme il entre dans la nature humaine de ne jamais être complètement satisfaite de son œuvre et de chercher toujours à aller au delà, jusqu'à la limite du possible, il fallait s'attendre à ce que l'on fît mieux et plus grand encore. Ce fut, en effet, ce qui arriva avec les cuirassés modernes, dits super-dreadnoughts, dont le type est le *Queen-Elisabeth*, construit en 1913-1914, de 28.500 tonneaux, muni de machines à turbines de 60.000 chevaux, avec chauffe aux hydrocarbures lourds (mazout) lui donnant une vitesse de 25 nœuds, que l'on croyait jadis impossible à atteindre avec d'aussi gros navires. Son armement se compose de huit canons de 38 centimètres, ce qui est déjà respectable ; mais d'autres unités, plus puis-



GROUPE TURBO-GÉNÉRATEUR POUR L'UNE DES HÉLICES D'UN CROISEUR DE FORT TONNAGE

santes encore, au sujet desquelles il est bon de se montrer discret, ont été récemment achevées ou sont encore en chantier.

Les Allemands ont voulu faire grand, eux aussi, et, d'après la *Rivista marittima*, toujours bien renseignée, voici ce que sera leur nouveau type actuellement en construction : 30.000 tonneaux de déplacement, 200 mètres de long, 30 mètres de large et 8 mètres seulement de tirant d'eau (afin de permettre le passage par le canal de Kiel) ; la protection contre les torpilles obtenue par une triple coque fortement cuirassée. La vitesse doit atteindre 25 nœuds avec des machines développant 80.000 chevaux. L'armement, formidable, se composera de huit canons du nouveau modèle Krupp, de 420 millimètres, montés par paires dans quatre tourelles.



VUE DE L'UN DES RHÉOSTATS DE RÉGLAGE

Il en existe un pour chaque moteur. On remarquera les proportions gigantesques de cet appareil.

Ce cuirassé, qui est, en somme, une copie du super-dreadnought, sauf en ce qui concerne l'artillerie, qui est plus puissante, réalisera, en outre, certaines innovations telles que l'emploi de six hélices pour fractionner le plus possible la puissance motrice et perdre le minimum de vitesse en cas d'avarie d'une des machines survenue en cours de route.

Mais c'est chez les Américains qu'il faut aller chercher les plus forts tonnages et les plus grandes puissances. Ils avaient déjà, dans leur flotte de guerre, une série de quatre cuirassés les plus grands du monde, avec leurs 33.000 tonneaux, et, actuellement, ils possèdent en achèvement quatre nouvelles unités rapides, ou grands croiseurs de bataille, qui porteront les noms de *Constitution*, *Constellation*, *Congress*, *Alliance*, de 35.560 tonneaux, 264 mètres de long, 30 mètres de large, 9 mètres de tirant d'eau, munis chacun d'une triple coque, sous forte cuirasse, avec un espace suffisamment large entre chacune d'elles (6 mètres entre la deuxième et la troisième) pour annuler ou au moins atténuer dans une forte mesure l'effet des torpilles. Leur armement comprendra huit canons de 406 millimètres et dix de 356.

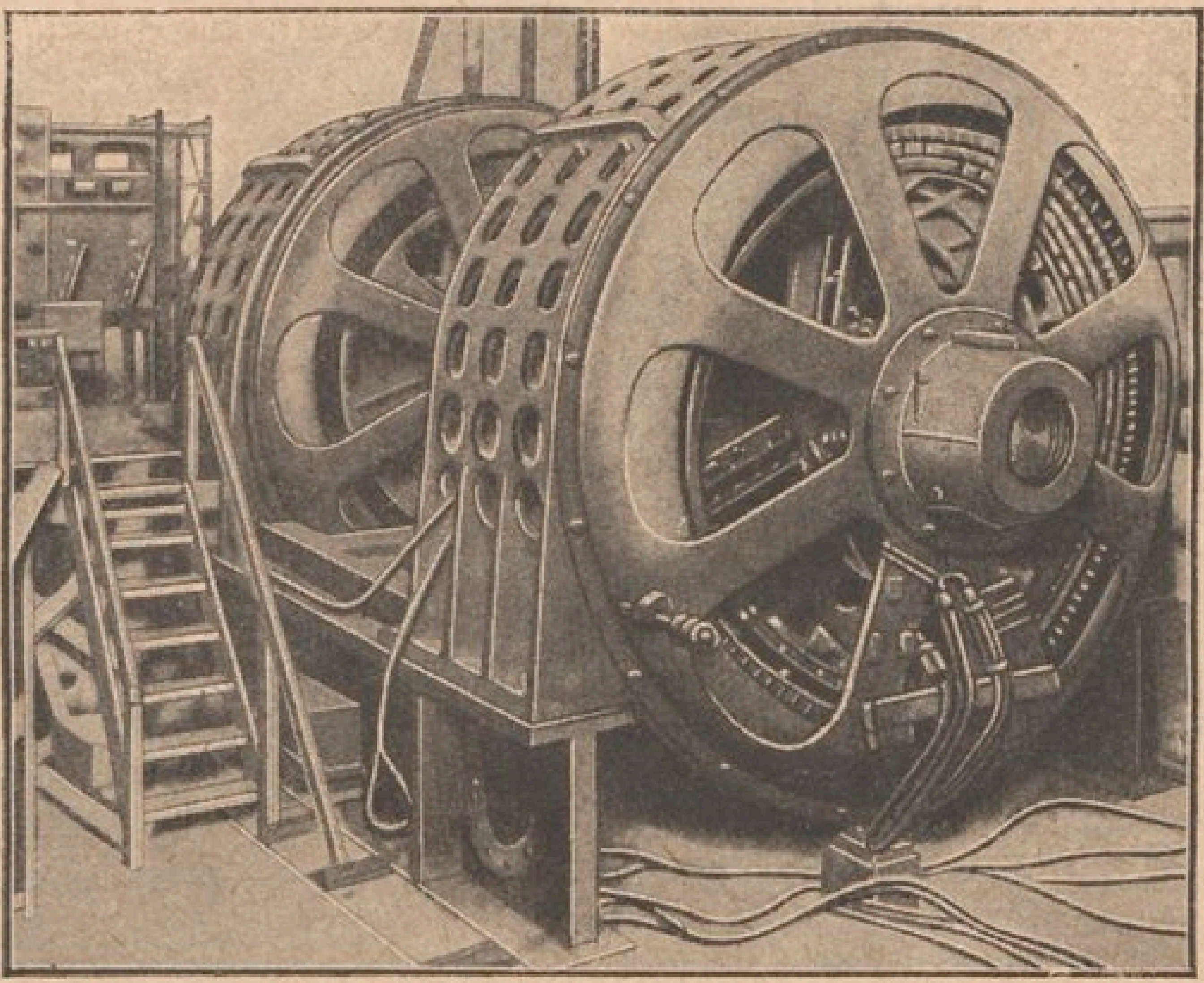
Les combats navals du début de la guerre, et, notamment, la chasse faite par les croiseurs anglais à l'escadre de von Spee, ayant montré l'importance des grandes vitesses pour conserver la mer libre et pour imposer ou refuser le combat, ces géants de la mer sont munis de formidables machines turbomotrices de 180.000 chevaux, capables de fournir une vitesse de 35 nœuds (64 km. 8 à l'heure), égale à celle des destroyers ou éclaireurs les plus rapides.

Le coût de la construction de chacun d'eux sera d'environ cent millions de francs.

Mais il y a mieux encore. Nos alliés, sans cesse stimulés par leur importante *Ligue navale*, qui compte parmi ses membres les plus hauts personnages de la grande république, et dont le secrétaire général pour la

France est M. Mower, ne s'arrêtant pas dans la voie des gros tonnages, ont étudié les plans d'une nouvelle classe de cuirassés, du type *Colorado*, plus gigantesques encore que les précédents (ils sont probablement déjà mis en chantier). Ils déplaceront, en effet, 40.000 tonnes. Leur vitesse sera de 24 nœuds, et ils seront armés de douze canons de 406 millimètres lançant des projectiles de 2.500 livres. Ce seront là de véritables citadelles flottantes d'acier, telles que les plus hardis constructeurs d'il y a seulement vingt ans n'eussent osé en rêver de pareilles.

Une nouveauté importante, qui constitue même une véritable révolution dans l'art naval, caractérise ces bâtiments, qui sont munis de moteurs à turbines, dont nous avons déjà entretenu nos lecteurs dans l'un des numéros précédents de cette revue.



LES MOTEURS OU DYNAMOS RÉCEPTRICES AVANT LEUR MONTAGE SUR LES ARBRES D'HÉLICES

On sait que la turbine à vapeur, à côté des incontestables avantages qu'elle possède et qui l'ont fait définitivement adopter pour la propulsion des navires à marche rapide, petits et grands, présente deux inconvénients sérieux : elle n'est économique que dans la marche à grande vitesse ; or, si les hélices sont directement montées sur elle, il en résulte pour celles-ci une vitesse de rotation telle qu'elles produisent dans l'eau, autour d'elles, un vide, une sorte de caverne, et presque toute l'énergie se dépense à maintenir ce vide ; les pales, n'éprouvant plus de résistance de la part de l'eau qu'elles ne touchent plus, s'affolent, la machine prend une allure désordonnée, et le navire reste à peu près immobile. La cavité se forme d'abord au bout de l'aile, puis sur toute sa surface ; elle est remplie d'air, et, celui-ci étant très élastique, ne transmet plus à l'eau la pression du propulseur. Ce phénomène, dit de la « cavitation », est évité si l'on réduit le nombre de tours de la turbine, mais alors le rendement de celle-ci diminue dans des proportions inacceptables. Le seul moyen pratique est l'emploi des réducteurs mécaniques de vitesse, ou transmissions retardatrices, par engrenages ou autrement, mais ce moyen manque de la souplesse nécessaire à la bonne marche du navire et l'on hésite un peu à l'utiliser.

D'autre part, la turbine n'est pas reversible. Construite pour tourner dans un certain sens, toujours le même, son *rotor* ne peut rétrograder ; il s'ensuit que les hélices qu'elle actionne ne peuvent pas tourner dans un sens contraire à celui de la marche en avant. Or, comme il est indispensable que le navire puisse, à certains moments, marcher en arrière, on est obligé de monter une ou plusieurs turbines spéciales pour ladite marche en arrière, ce qui augmente encore le poids, l'encombrement et aussi le coût de la construction.

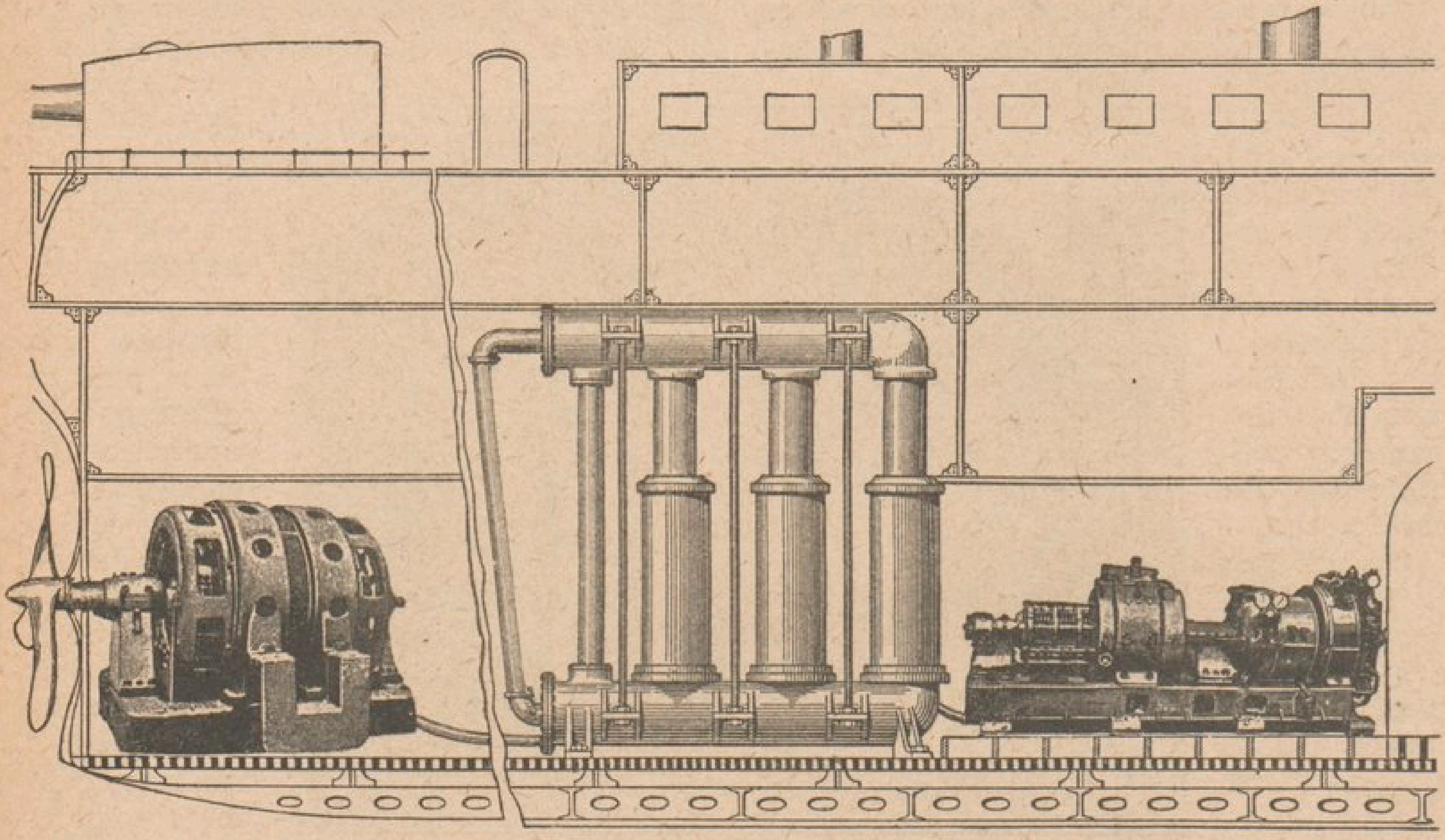
Ces deux inconvénients sont radicalement supprimés par le moyen de la propulsion électrique, lequel consiste à monter une dynamo génératrice sur l'arbre des turbines, et le courant électrique produit va actionner, en passant par des câbles, une dynamo réceptrice montée elle-même sur chacune des hélices. C'est, en somme, un simple transport de forces par l'électricité de la turbine à l'hélice, permettant de se passer des arbres de couche qui sont, comme l'on sait, une cause assez fréquente d'avaries, par suite de ruptures, ainsi que des turbines spéciales pour la marche arrière, comme on l'a dit plus haut, et des réducteurs mécaniques de vitesse. Ce système, dit « Melville-Macalpine » du nom de ses inventeurs-constructeurs, est extrêmement souple et se prête parfaitement au réglage et au contrôle au moyen d'appareils qui agissent sur les dynamos pour commander le fonctionnement des

moteurs et dont la partie essentielle est constituée par des rhéostats de grandes dimensions (il y en a un pour chaque moteur, ou dynamo réceptrice), sur lesquels on dépense, à la mise en marche et aux petites vitesses, l'excédent de tension que fournit la dynamo génératrice par un procédé un peu analogue à celui que nous voyons appliqué couramment sur nos tramways.

Le renversement de la marche est tout à fait simplifié, puisqu'il suffit de changer, de la passerelle même (ou poste du commandant), au moyen de simples commutateurs, le sens de la marche des moteurs électriques, sans nullement toucher aux turbines.

On pourrait penser que cet ensemble d'appareils (dynamos génératrices et réceptrices, rhéostats, etc.) alourdit beaucoup le bâtiment, et ce fut là l'objection principale que l'on fit lorsque le système fut proposé, outre celle d'une perte inévitable d'énergie. En réalité, cependant, il n'en est pas ainsi ; le poids de l'installation électrique est largement compensé par l'économie que l'on réalise sur celui de la machine motrice même. L'importante société de constructions électriques et mécaniques américaine, la General Electric Co., à laquelle la construction et le montage avaient été confiés, a d'ailleurs pris l'engagement de réaliser toutes les aptitudes requises avec un poids total ne dépassant pas celui d'une machine simple ordinaire, et elle l'a tenu exactement.

Appliqué d'abord pour études préalables à bord du *Jupiter*, charbonnier de 19.300 tonneaux, les résultats furent si favorables que les autorités navales n'hésitèrent pas à doter les nouveaux gros cuirassés de ce mode de propulsion. Il a donné toute satisfaction. L'utilisation dans les hélices de l'énergie produite est de 75 % environ, et c'est là un résultat extrêmement remarquable. Les quatre hélices tournent à 160 tours à la minute, chacune d'elles étant attelée à un moteur électrique de 8.000 chevaux. L'énergie électrique est produite par deux turbines tournant à grande vitesse (3.000 tours par minute) actionnant un générateur électrique à courant alternatif triphasé. Jusqu'à la vitesse de 19 nœuds, une seule de ces turbines suffit pour faire tourner les quatre hélices. Au delà de cette vitesse, les deux turbines sont mises en action.



VUE EN COUPE DES COMPARTIMENTS DES TURBO-GÉNÉRATRICES ET DES MOTEURS ÉLECTRIQUES MONTÉS SUR LES ARBRES D'HÉLICES

A gauche: moteur électrique monté sur l'arbre d'hélice; au centre: rhéostat de réglage; à droite: turbo-génératrice. Les chaudières sont également à droite, dans le prolongement de la turbo-génératrice.

Les conceptions ingénieuses de nos amis américains, aussi bien dans le domaine industriel que dans l'art naval, sont bien faites pour soulever notre admiration; concevoir vite et réaliser sans perdre une minute, tel est le secret de la puissance de ce peuple.

J.-L. MÉREVILLE

LES NOUVEAUX PROCÉDÉS DE FABRICATION DES ENGRENAGES

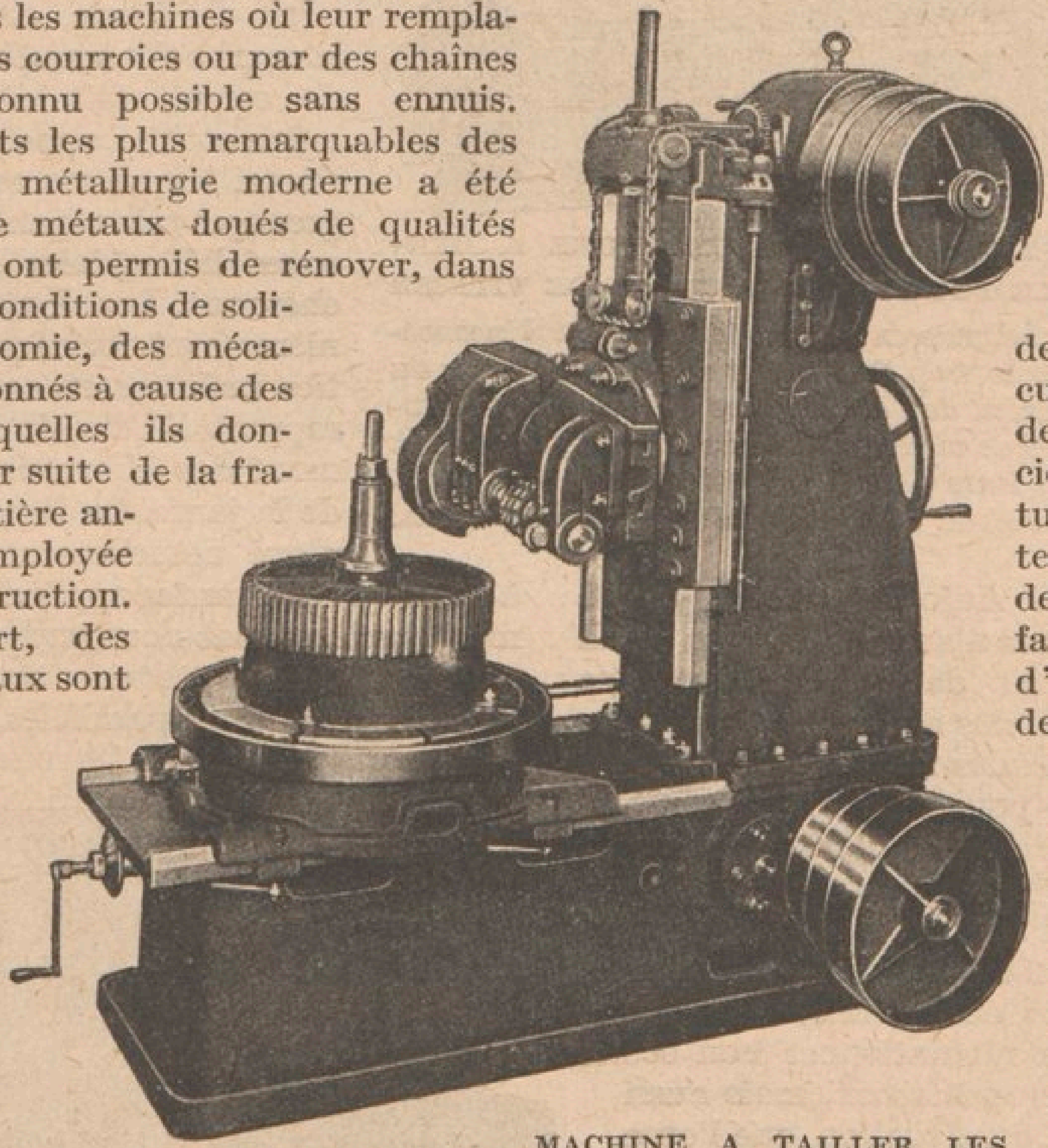
Par Xavier POZIÈRES

La grosse mécanique d'il y a vingt-cinq ans ne prévoyait guère que l'emploi des engrenages en fonte et la fragilité des dents de ces organes de transmission de puissance les avait peu à peu fait supprimer sur toutes les machines où leur remplacement par des courroies ou par des chaînes avait été reconnu possible sans ennuis.

Un des effets les plus remarquables des progrès de la métallurgie moderne a été la création de métaux doués de qualités nouvelles qui ont permis de rénover, dans d'excellentes conditions de solidité et d'économie, des mécanismes abandonnés à cause des ruptures auxquelles ils donnaient lieu par suite de la fragilité de la matière anciennement employée pour leur construction.

D'autre part, des besoins nouveaux sont nés en mécanique à cause du développement prodigieux de l'automobile et de l'aéroplane. Les moteurs de véhicule à propulsion mécanique, ainsi que ceux des avions, comportent de nombreuses commandes d'arbres parallèles qui n'ont pu être réalisées qu'au moyen d'engrenages, non plus en fonte plus ou moins douce moulée, mais en acier dur découpé à la machine-outil. De là est née une véritable industrie spéciale qui a provoqué l'établissement d'usines neuves ne fabriquant que des engrenages en série.

Peu à peu, la roue dentée en acier a repris la place qu'avait perdue autrefois le vieil engrenage en fonte. Il n'y a guère que dans la machinerie des usines de l'industrie textile que ce dernier soit toujours employé parce que l'amortissement rapide de ces mécanismes rend inutile l'utilisation d'organes solides et de longue durée.



MACHINE A TAILLER LES ROUES ET PIGNONS POUR TRAMWAYS ÉLECTRIQUES

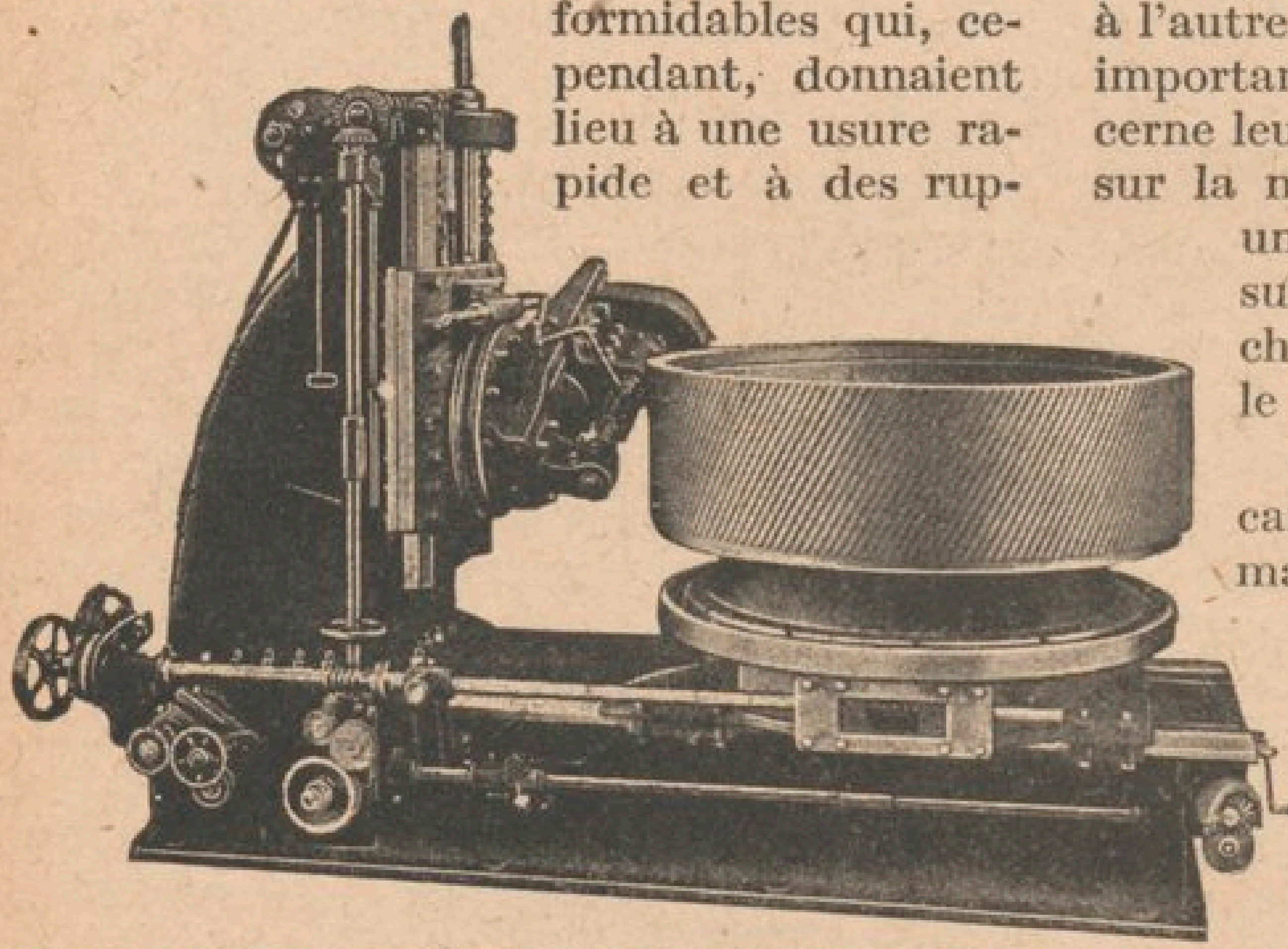
Cette machine universelle automatique taille par vis-fraise des engrenages droits ou à vis sans fin dans des couronnes en acier. La roue représentée ici en cours de fabrication est destinée à une voiture motrice de tramway ou de chemin de fer électrique.

Au contraire, il s'est produit à propos des locomotives et des laminoirs, un curieux retour vers des solutions anciennes que les ruptures trop fréquentes des engrenages de fonte avaient fait remplacer par d'autres organes de transmission de mouvement.

C'est ainsi que les engrenages de fonte des premières locomotives à vapeur avaient cédé la place au système bielle-manivelle, à cause de l'importance des efforts à transmettre devenue rapidement tout à fait incompatible avec la fragilité des dentures anciennes. Aujourd'hui, au contraire, on emploie sur les locomotives électriques des engrenages taillés à la machine-outil dans des couronnes d'acier moulé qui donnent toute satisfaction aux compagnies, ainsi que nous le verrons plus loin.

De même, les constructeurs de laminoirs suppriment les courroies de commande pour revenir à l'engrenage en acier taillé. Pour les

laminoirs très puissants servant à la fabrication des gros rails, des tôles épaisses ou des grands profilés, on avait été obligé de recourir à des engrenages de fonte de dimensions formidables qui, cependant, donnaient lieu à une usure rapide et à des ruptures fréquentes. Aujourd'hui, on utilise dans ce cas des roues d'acier taillé d'un profil spécial, qui permet de transmettre, sans crainte d'accident, des efforts considérables.



MACHINE A VIS-FRAISE TAILLANT UNE ROUE A DENTURE HÉLICOÏDALE POUR UN RÉDUCTEUR DE VITESSE

La roue qu'on voit ci-dessus en fabrication présente l'inconvénient d'avoir des dents trop faiblement inclinées à cause du mode de fonctionnement de l'outil. Dans les engrenages destinés aux réducteurs de vitesse interposés entre les turbines à vapeur de navires et leurs hélices, la faiblesse de cette inclinaison est toujours néfaste au rendement de la transmission.

Le nombre inouï des machines-outils qu'il a fallu construire pour la production intensive des munitions et du matériel de guerre a également donné une puissante impulsion à la fabrication des engrenages qui se trouvent en grand nombre sur les tours, fraiseuses perceuses, pour les changements de vitesses.

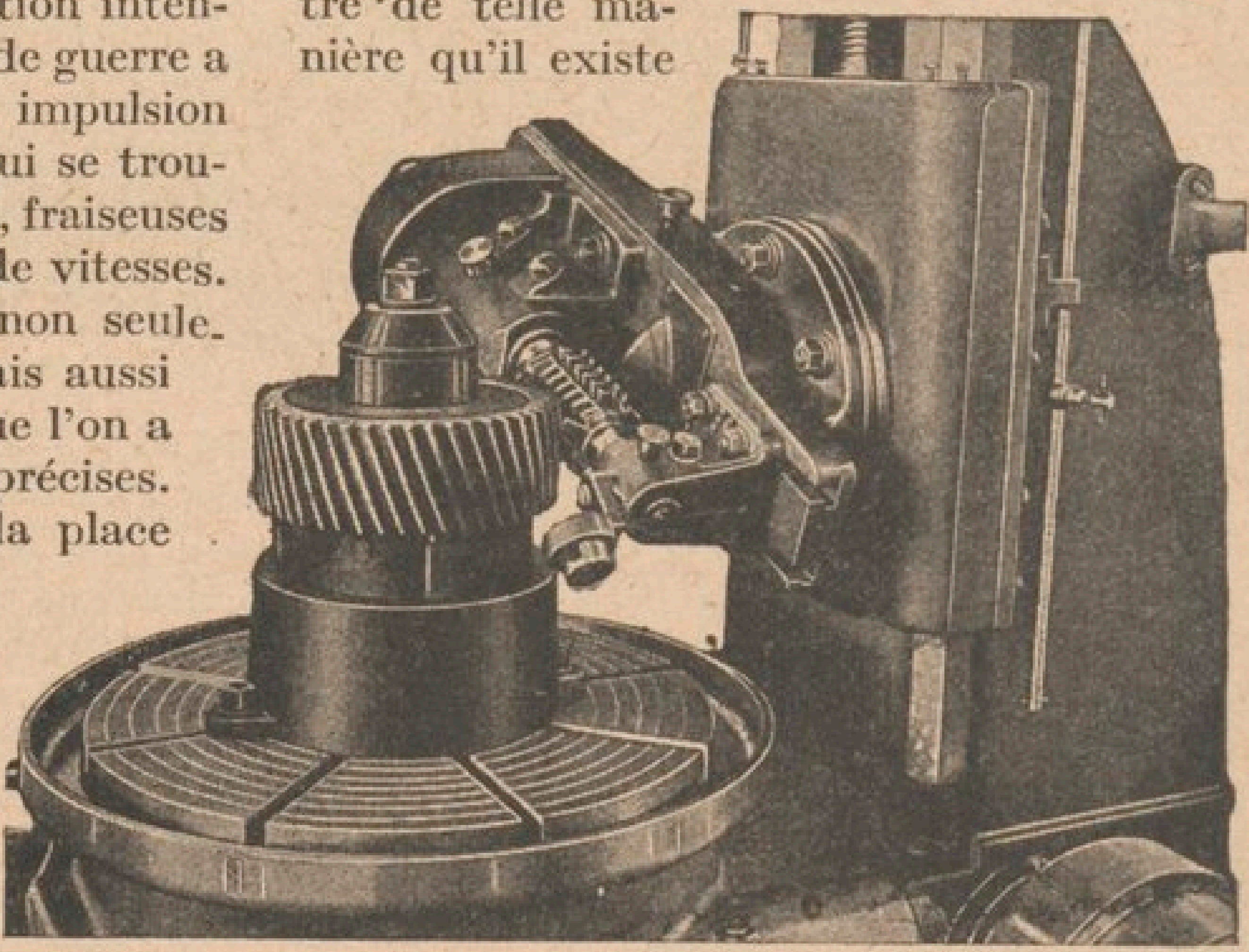
Il a donc fallu révolutionner non seulement l'emploi des matériaux, mais aussi les méthodes de construction que l'on a cherché à rendre à la fois rapides et précises.

Nous ne disposons pas ici de la place nécessaire pour refaire la théorie élémentaire de l'engrenage que tout le monde connaît aujourd'hui pour l'avoir apprise théoriquement à l'école ou pratiquement sur la route, à l'usine et même chez soi, car la mécanique a maintenant pénétré partout.

Il existe une grande variété de formes d'engrenages rendue nécessaire par la nature ainsi que par la direction relative des arbres moteurs et commandés ; quand il s'agit d'arbres parallèles, on a recours à l'engrenage droit, tandis que les roues coniques s'appliquent au cas d'arbres placés perpendiculairement l'un par rapport à l'autre. La forme des dents, a une grande importance, non seulement en ce qui concerne leur résistance, mais influe également sur la manière dont les dents roulent les unes sur les autres sans se coincer et surtout sans qu'il y ait jamais arrachement du métal d'une dent par le tranchant du rebord d'une autre.

On trouve dans les traités de mécanique élémentaire l'exposé de la manière dont on trace le profil des dents d'engrenage qui peuvent avoir la forme, soit d'un arc de la courbe dénommée développante de cercle, soit d'un arc d'une autre courbe appelée épicycloïde. Parmi les autres catégories d'engrenages très répandues, citons les roues hélicoïdales et les roues à chevrons. Les dents de ces dernières sont formées de deux parties inclinées en sens inverse par rapport à l'axe de la roue et formant des chevrons sur la surface de la jante. Ce dispositif, très employé actuellement, a donné lieu à de très intéressantes applications, extrêmement variées, dont nous parlerons plus loin.

Quand on adopte une transmission par engrenages à axes parallèles, on considère comme utile d'éloigner les roues l'une de l'autre de telle manière qu'il existe

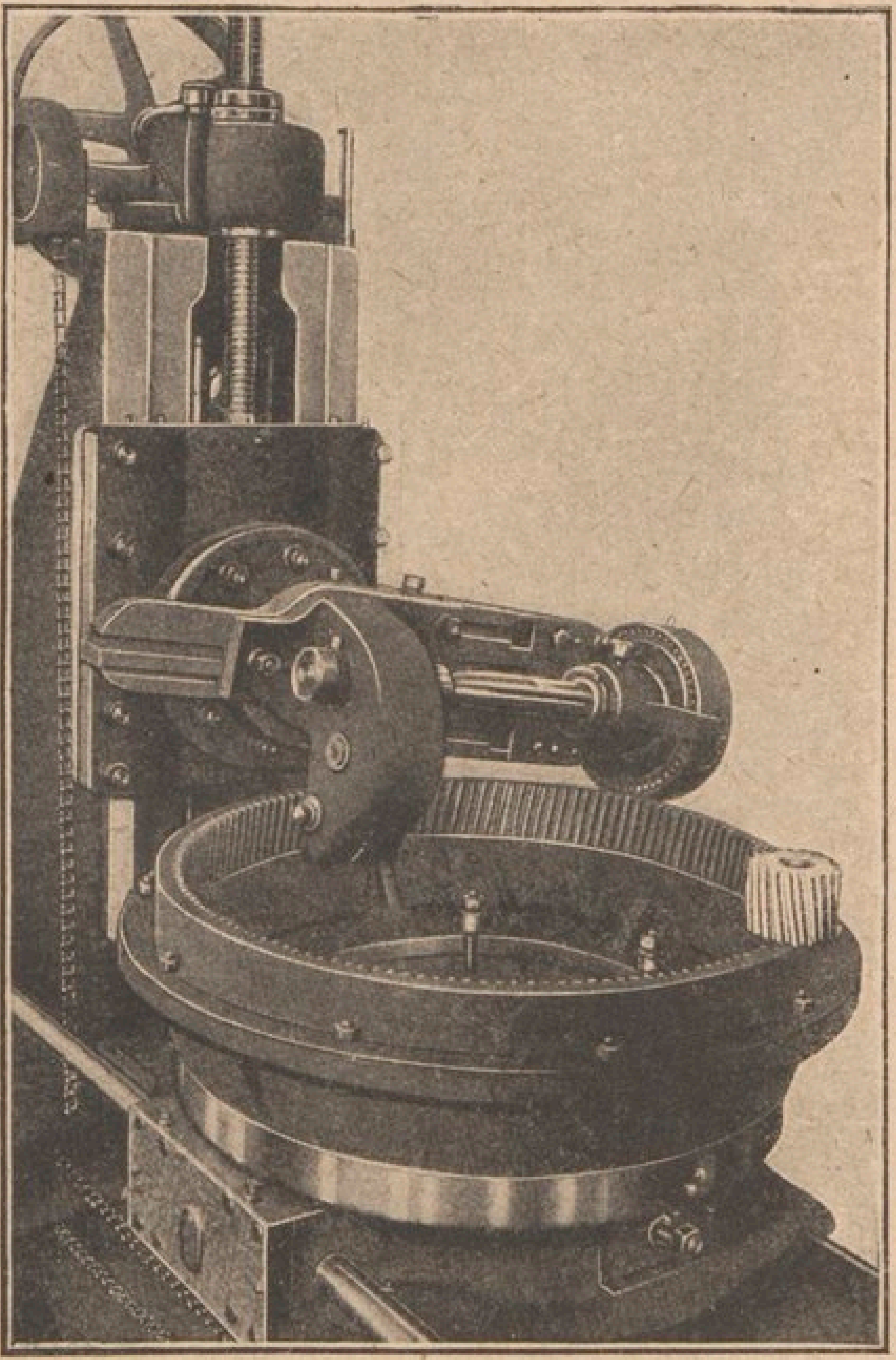


DÉTAIL DU PORTE-OUTIL D'UNE MACHINE A TAILLER LES ENGRENAGES MUNIE DE SON PLATEAU CIRCULAIRE

On fabrique ici une roue hélicoïdale au moyen d'une vis-fraise cylindrique dont l'axe est maintenu parallèle au plateau de travail circulaire grâce au blocage parfait du chariot porte-fraise.

dès le début, dans la denture, un jeu qui ne tarderait pas à se produire par suite de l'usure des dents l'une sur l'autre. Il est préférable, dans l'état actuel de la question, de disposer les engrenages droits, taillés sans jeu, de manière à obtenir un engrènement continu sans avoir à craindre des frottements anormaux ni des poussées excessives. Quand deux roues dentées engrenant ensemble, sont de diamètres différents, la plus petite est dénommée *pignon*.

Au lieu de raboter péniblement la surface des dents au moyen d'un étau-limeur, on a imaginé des procédés rapides permettant d'employer, soit des fraises de forme (figure page 522), soit le taillage par engrènement. La fraise, qui est un outil formé de lames réparties à la surface d'un cylindre, entame le métal. Dans le second cas, on utilise une crémaillère, une vis sans fin ou un engrenage dont les dents sont disposées de manière à couper des roues qui engrèneront avec ces outils taillants et qui engrèneront également entre elles si la forme de la denture a été rationnellement déterminée.



TAILLAGE D'UNE ROUE A DENTURE INTÉRIEURE
La fraise cylindrique, que l'on voit démontée, à droite, travaille à l'intérieur d'un porte-outil à carter pour obtenir une roue à denture intérieure hélicoïdale.

Quand il s'agit de dents droites, le profil de la fraise doit s'ajuster exactement au creux existant entre deux dents et l'axe de ce profil passera par le centre de la roue à tailler. Toute fraiseuse munie d'un plateau diviseur permet d'effectuer ce travail, et généralement l'outil avance automatiquement après le fraisage d'un creux pour que la roue taille le creux suivant.

Le fraisage des dents hélicoïdales, plus compliqué, exige que la roue pivote sur elle-même pendant que la fraise se déplace. Certaines fraiseuses peuvent tailler à volonté des roues droites ou hélicoïdales suivant que la fraise est montée sur un arbre vertical ou sur un arbre incliné suivant un angle convenable dont le choix judicieux est important.

Le taillage par engrènement consiste à faire profiler les dents au moyen du pignon avec lequel elles doivent engrener. En réalité, on emploie une fraise dont le profil est étudié de manière à convenir pour toutes les dentures de même pas quel que soit le diamètre des roues, afin de ne pas faire la dépense d'un pignon spécial pour chaque roue à tailler ce qui coûterait fort cher. On peut tailler des dentures droites avec des fraises en forme de vis sans fin placées obliquement. Pour tailler des dentures hélicoïdales ou des roues à vis sans fin, on incline la fraise sur la roue à tailler de telle façon qu'au point de contact, cette inclinaison coïncide avec celle des dents. Dans les deux cas, la fraise, en avançant, entame la roue et y creuse les dents. En même temps, la fraise et la roue à tailler sont animées d'un mouvement de rotation tel que pour chaque tour de la fraise, la roue tourne d'une quantité égale au pas.

Les engrenages coniques s'obtiennent également à la fraise.

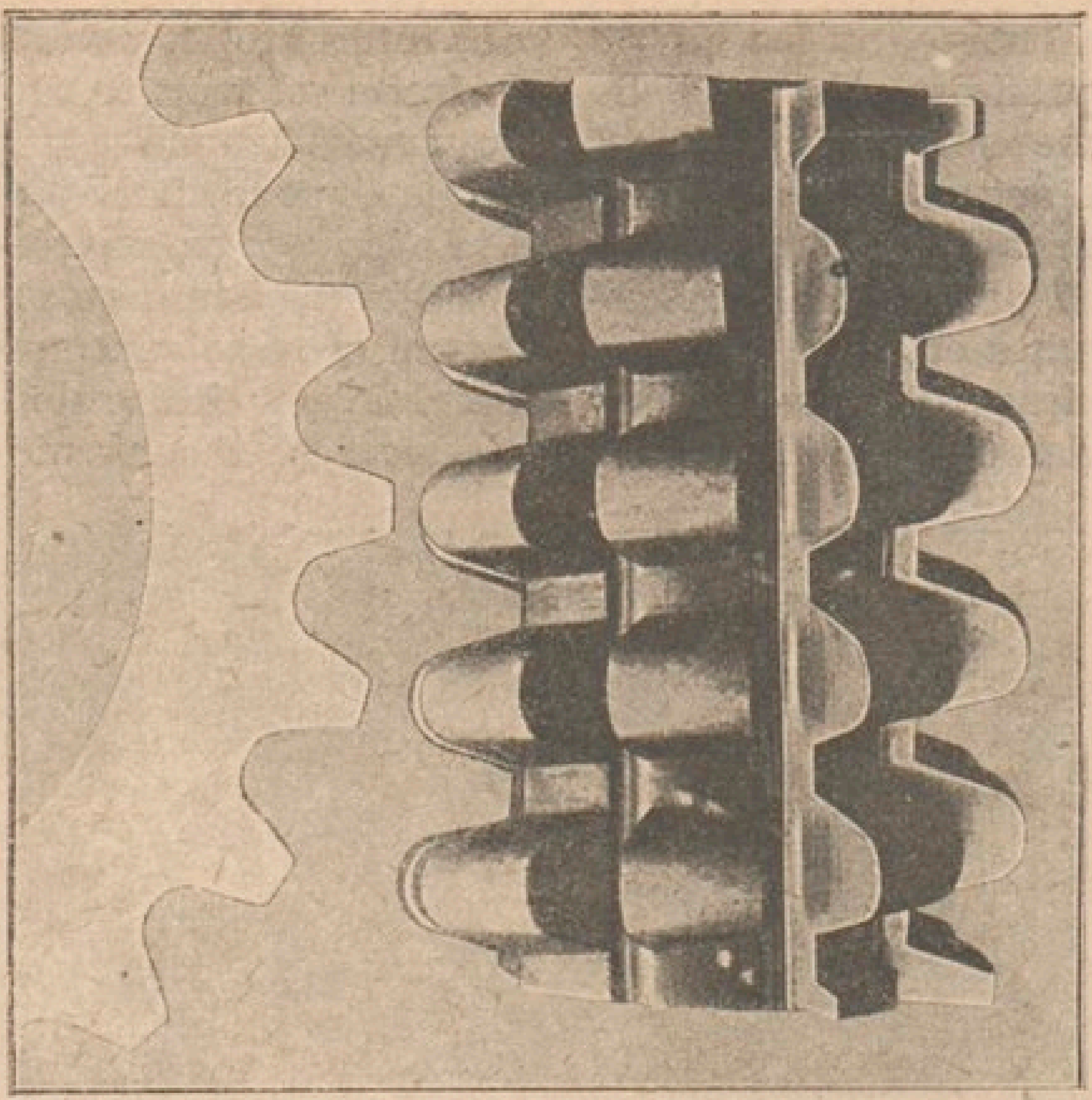
Quand on emploie dans une transmission de force des engrenages à dents droites, même taillés avec la plus grande précision, il est impossible d'obtenir un engrènement mettant constamment en prise le même nombre de dents. Par conséquent, au début de l'entrée en prise, il s'exerce sur toute la longueur d'une dent une forte pression qui cesse subitement à la fin de l'engrènement.

Ces variations périodiques et brusques des pressions auxquelles sont soumises les dents

droites donnent lieu à des chocs et à des flexions que l'on cherche à éviter sans grand succès en laissant subsister un certain jeu dans les dentures.

Ce jeu engendre à son tour un bruit fort désagréable, et on ne peut donc réaliser des transmissions silencieuses par engrenages à dentures droites.

L'emploi de matières dépourvues de résonnance, comme le cuir vert ou le bois, ne fournit qu'une solution imparfaite de cette question parce que ces matières ont une résistance à la rupture et au frottement très faible, qui accélère leur usure au point de les rendre inutilisables dans la plupart des cas.

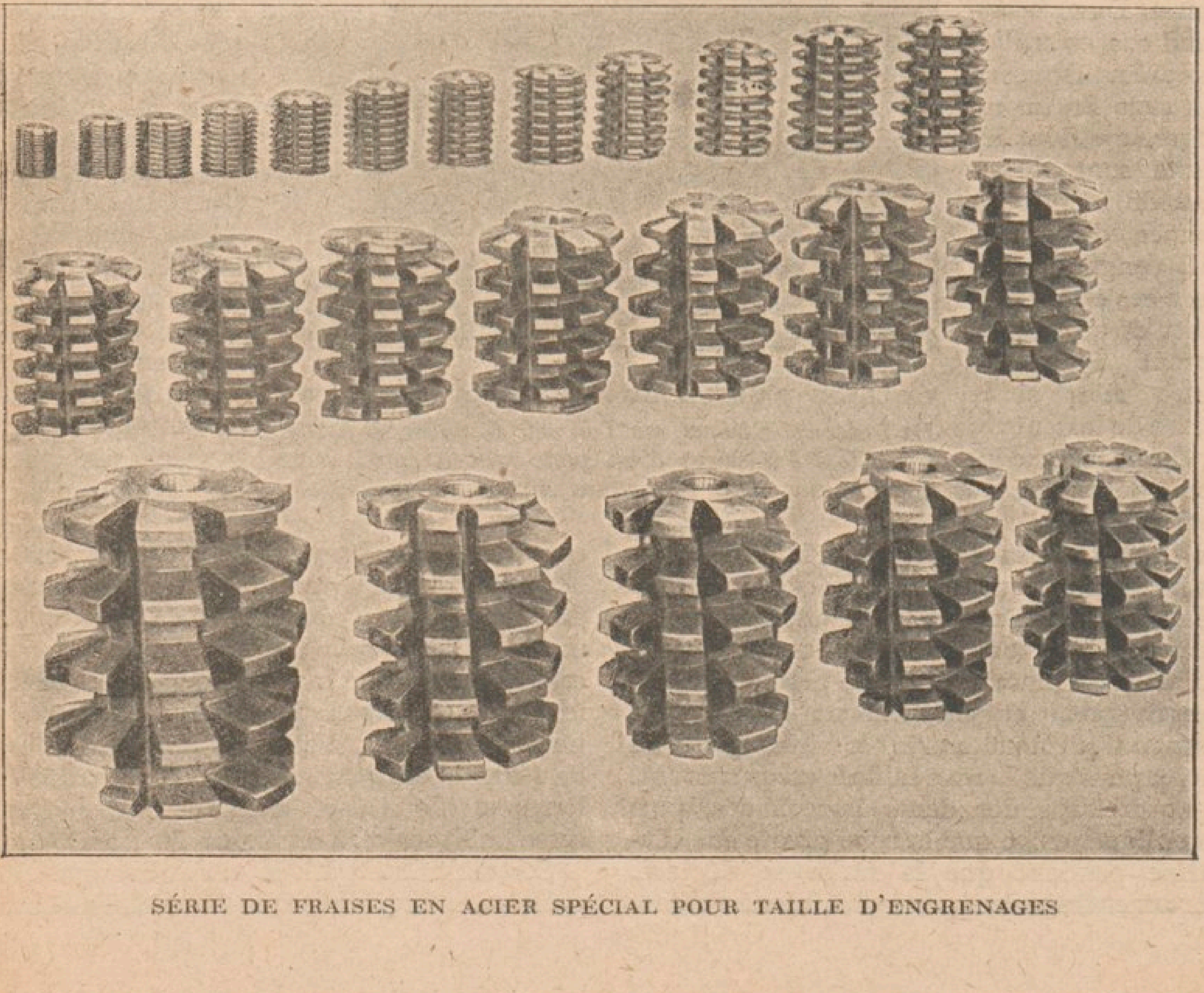


FRAISE POUR LE TAILLAGE DES DENTS DROITES

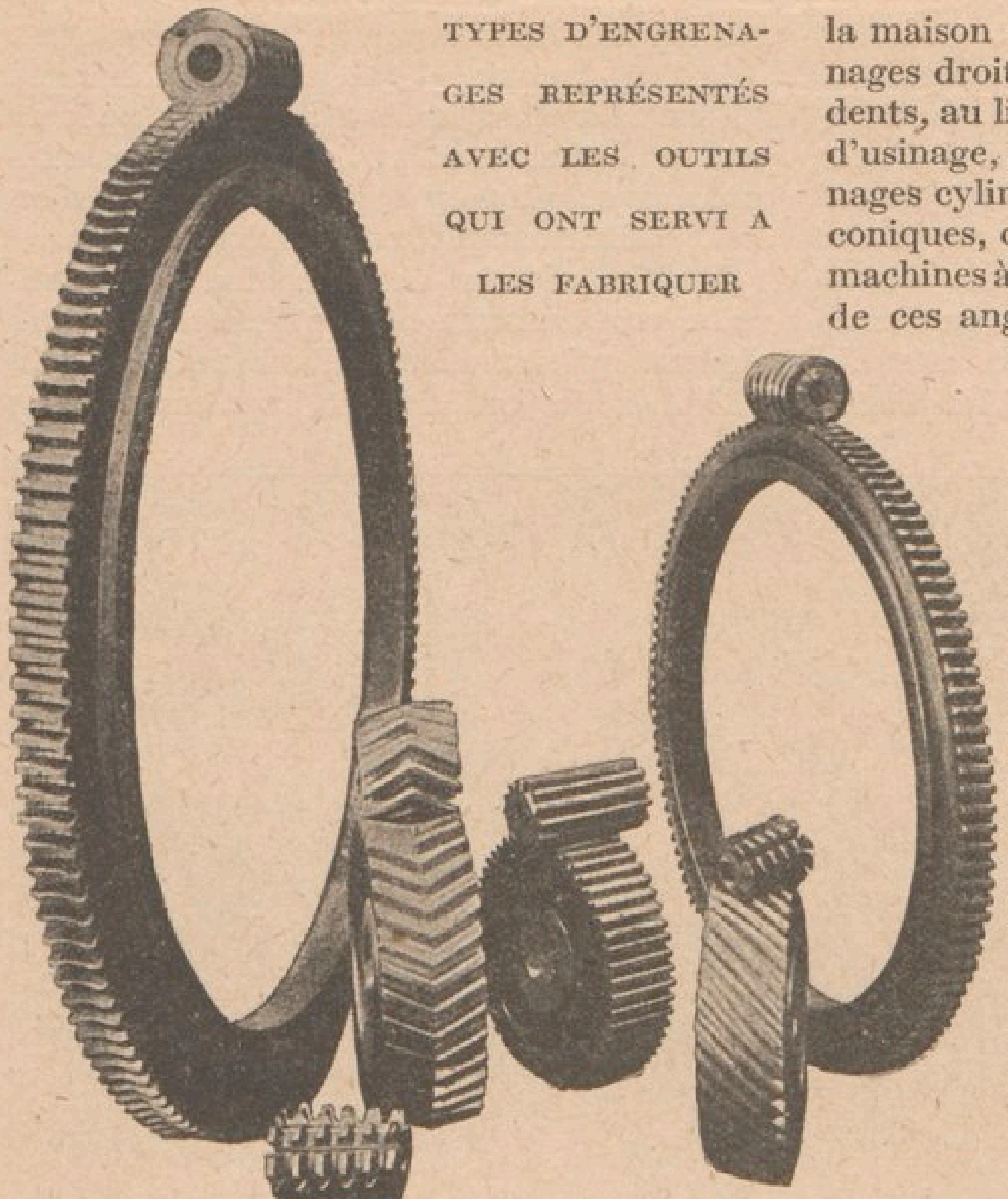
Cet outil, ou fraise cylindrique, travaille comme un pignon engrenant avec la roue qu'il taille en roulant.

Les engrenages à ents hélicoïdales sont très silencieux parce qu'ils fonctionnent comme des groupes formés d'un nombre infiniment grand de roues droites d'épaisseur infiniment petite. L'effort tangentiel s'applique donc d'une façon progressive et continue, au fur et à mesure que l'entrée en prise se complète et diminue de la même manière jusqu'à la terminaison de l'engrènement.

Cet avantage, qui rend les roues hélicoïdales silencieuses, est contrebalancé par l'inconvénient qu'elles présentent d'engendrer des poussées axiales trop fortes pour permettre l'application de ce genre d'engrenages à des



SÉRIE DE FRAISES EN ACIER SPÉCIAL POUR TAILLE D'ENGRENAGES



TYPES D'ENGRENAGES REPRÉSENTÉS AVEC LES OUTILS QUI ONT SERVI A LES FABRIQUER

transmissions mécaniques très importantes.

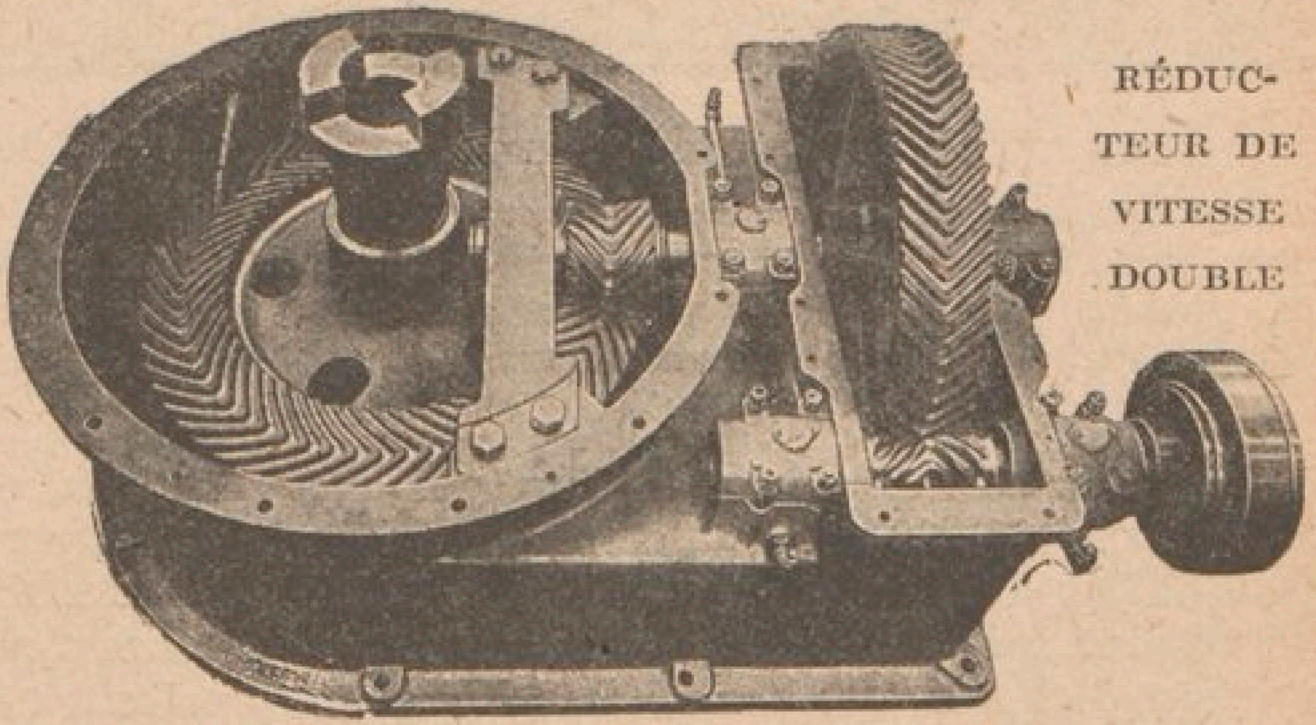
Dans le but de remédier à ce défaut, on a eu recours aux engrenages à chevrons dont les dents sont formées de deux portions d'hélices d'inclinaisons inverses. Cet artifice a pour résultat d'annuler les poussées axiales en ne laissant subsister que l'effort tangentiel.

Au début, les engrenages à chevrons étaient constitués par la juxtaposition de deux couronnes taillées séparément, mais l'angle formé par les dents de chaque moitié était forcément trop faible par suite des difficultés de taillage dues au profil des fraises ; de plus, l'assemblage des deux demi-roues ne pouvait être exécuté avec la précision voulue et leurs dents n'étaient pas toujours disposées de manière à travailler ensemble et à se fournir un mutuel appui. Le rendement de ces mécanismes était très faible, et ils s'usaient même très rapidement en service.

Peu à peu les inconvénients des engrenages à chevrons ont disparu depuis l'introduction de machines nouvelles permettant leur taillage. Les outils employés à cet effet par des spécialistes tels que la maison Citroën, s'appliquent aux engrenages droits ou coniques. L'inclinaison des dents, au lieu d'être limité par des questions d'usinage, a été fixée à 45° pour les engrenages cylindriques et à 52° ½ pour les roues coniques, car la disposition particulière des machines à tailler rend possible la réalisation de ces angles sans altération du profil théorique nécessaire des dents taillées.

Le choix de l'angle présente dans le cas des engrenages à chevrons, une importance capitale car il influe à la fois sur le rendement de la transmission et sur les conditions de résistance des dents aux efforts. Par suite du mode d'exécution de leur tracé, les roues à chevrons taillés à profil hélicoïdal équivalent à des roues à dents droites ayant près de trois fois plus de dents pour l'inclinaison à 45°. La fatigue du métal subit donc une diminution très importante qui varie d'environ 52 % pour les roues à 25°, à 14 % pour les roues dont les dents ont une inclinaison de 45°. Le travail perdu par frottement diminue d'environ 50 % par rapport aux dents brutes, le rendement augmente de 3 à 5 %. On peut, avec des chevrons taillés à dents inclinées de 45°, réaliser des rapports d'engrenages de 1 à 20 inexécutables avec des dents droites brutes ou même avec des dentures taillées à 25°.

Indépendamment des avantages précédemment énumérés quant à l'absence de poussées de chocs et de trépidations à la réduction du frottement et à l'augmentation du rendement, on constate que la résistance



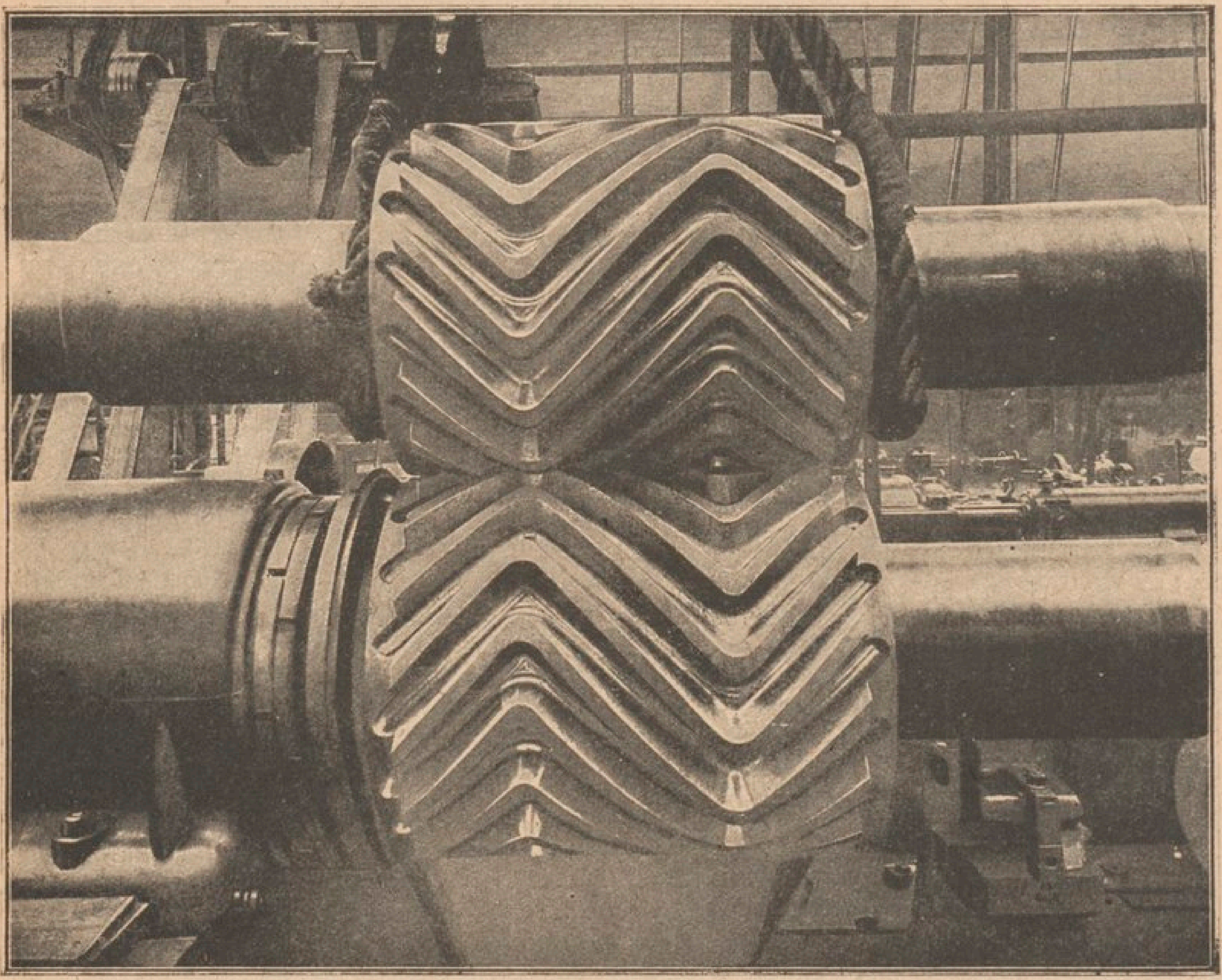
RÉDUCTEUR DE VITESSE DOUBLE

Ce mécanisme de réduction de vitesse, à chevrons taillés est en même temps silencieux et puissant, grâce à l'engrènement parfait des roues et des pignons. La marche est assurée dans les deux sens avec un rendement élevé et une absence complète de chocs ou de trépidations qui est tout à fait remarquable.

des dents à chevrons taillés est doublée parce que le bras de levier correspondant à l'effort de flexion auquel elles sont soumises n'est que les sept-dixièmes de celui d'une dent droite analogue et que la force à transmettre se répartit intégralement sur toute la longueur de l'arc d'engrènement. Etant donné le mode de taillage des dents en pleine masse des couronnes, on découvre les soufflures du métal et on met au rebut les pièces tres organes de transmission de mouvement.

On est parvenu également à diminuer l'usure et à éliminer les chances d'accidents pour un certain nombre de mécanismes auxquels les solutions par bielles, par courroies, etc., étaient complètement inapplicables.

L'effort moteur des machines de laminoirs est transmis aux cylindres par des pignons qui travaillent d'une manière très irrégulière et qui s'usent rapidement sous



PIGNONS DE LAMINOIR A DENTURE CITROËN AVEC DOUBLES CHEVRONS TAILLÉS

Cette disposition est très remarquable pour le dur service des chemins de fer. Le nombre de dents en prise permet de transmettre, sans crainte de rupture, une puissance considérable. De plus, l'emploi des doubles chevrons est indispensable pour les laminoirs réversibles dont le sens de marche change brusquement à des intervalles de temps très rapprochés, ce qui donne lieu à des efforts dangereux.

défectueuses. L'encombrement d'un équipage à chevrons taillés est faible, puisque l'on peut tailler des pignons à nombre de dents très réduit permettant toutefois la transmission d'efforts très considérables par un seul train, grâce à l'épaisseur du métal.

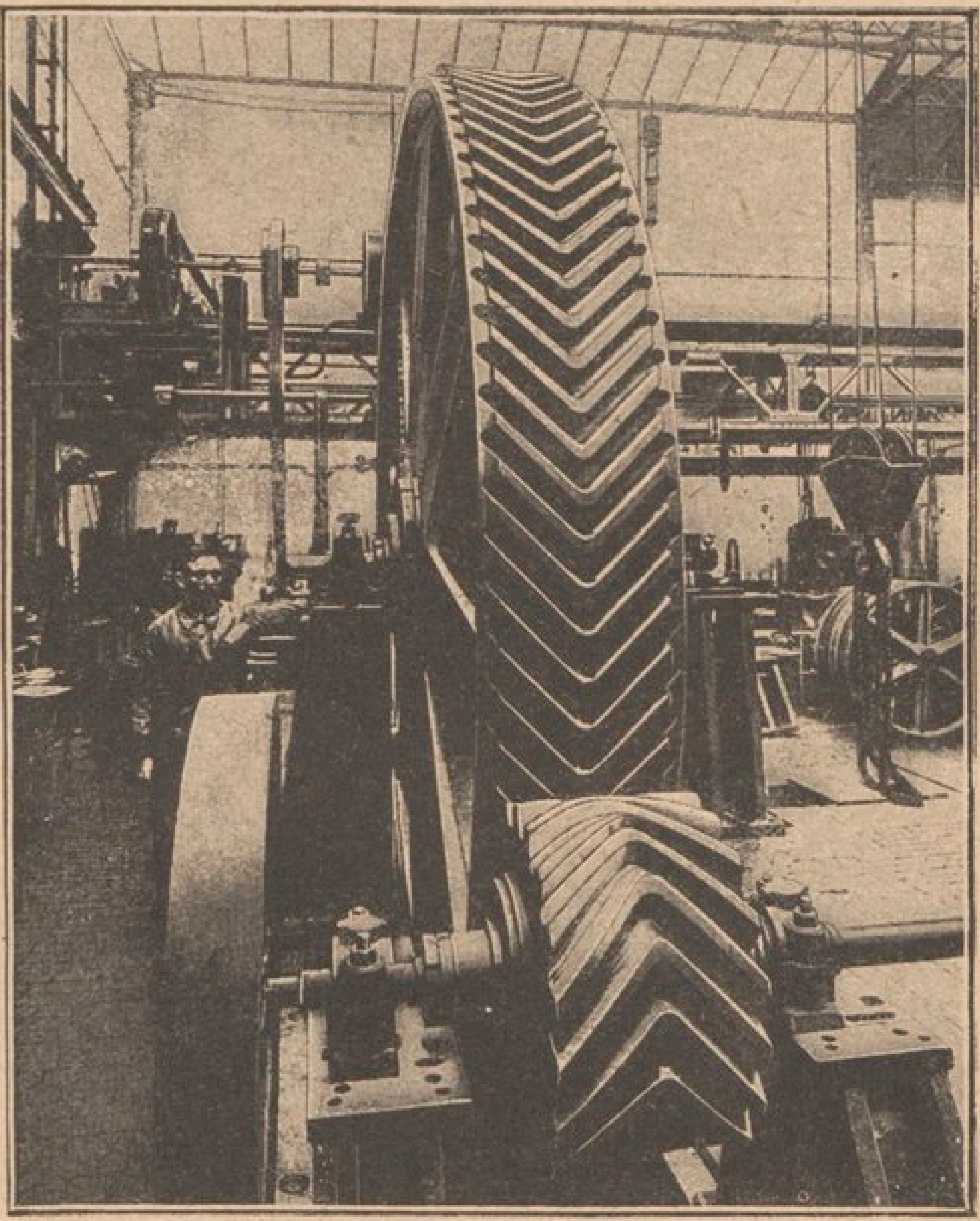
Peu à peu, on a donc pu envisager à nouveau l'emploi des engrenages dans tous les cas où les inconvénients des anciennes roues en fonte les avaient fait remplacer par d'autres

l'influence des chocs violents et répétés causés par l'entrée et par la sortie des pièces. La denture prend ainsi un jeu dangereux.

Les pignons de laminoirs à chevrons taillés présentent au contraire des profils rigoureusement exacts et donnent un engrènement continu exempt de jeu. Les dents sont soutenues sur toute leur longueur et leur épaisseur à la racine n'est pas diminuée, ce qui augmente de beaucoup leur résistance.

On taille des pignons de laminoirs dans des couronnes en acier forgé ayant 75 kilos de résistance à la rupture, ce qui permet d'éviter les soufflures et les grains de l'acier moulé.

La durée des laminoirs a pu être ainsi prolongée parce que la suppression des chocs et des trépidations protège les cages contre les ébranlements dans de notables proportions.



PIGNON ET ROUE A CHEVRONS TAILLÉS

On peut se rendre compte de la robustesse de ces dents dont le profil est travaillé à la machine d'une manière continue. L'engrènement se produit sans jeu sur plusieurs dents et sur toute leur largeur, ce qui supprime les trépidations et les chocs si fréquents avec les anciens engrenages droits de grandes dimensions.

Dans les paquebots modernes, les rotors des turbines à vapeur tournent avec des vitesses telles que l'on doit interposer un réducteur entre l'arbre moteur et celui de l'hélice qui, sans cette précaution, travaillerait dans de mauvaises conditions. Les engrenages à dents très inclinées fournissent dans ce cas un rendement supérieur à celui des trains à dentures droites ou à angle trop faible.

Les machines à vapeur spéciales qui actionnent les gouvernails des grands paquebots transmettent également leur effort au moyen de pignons et de roues qui fournissent, grâce à l'emploi des chevrons taillés, un engrènement réversible indispensable en ce cas. La solidité des engrenages d'acier rend ici de grands services, car l'action de la mer sur le safran d'un grand gouvernail, pourrait, dans les gros temps, briser un mécanisme en fonte. Le cas s'est présenté souvent autrefois, et l'on devine dans quelle situation dangereuse se trouverait un transatlantique de fort tonnage en cas d'avarie grave de l'appareil à gouverner.

Sur terre, l'effort moteur de l'arbre vertical des turbines hydrauliques est également transmis par un système de roues dentées. Dans les applications si nombreuses auxquelles a donné lieu l'installation des usines hydro-électriques travaillant pour la défense nationale, dans les Pyrénées et les Alpes, l'emploi de transmissions à chevrons taillés a fourni une solution rapide et parfaite de problèmes considérés comme très difficiles et même comme impossibles à aborder dans le cas des anciens engrenages.

Comme nous l'indiquions plus haut, les engrenages ont fait brillamment leur réapparition sur les locomotives d'où ils étaient bannis depuis de longues années. Le développement de la traction électrique a permis ce retour. En effet, la vitesse des arbres des moteurs de locomotives est trop grande pour pouvoir être transmise aux roues sans une importante réduction. Comme il s'agit d'efforts représentant plusieurs milliers de chevaux, l'emploi d'engrenages droits est tout à fait impossible pour de multiples raisons telles que manque de solidité, le rendement insuffisant, etc. Le chevron taillé en acier supérieur a seul permis de résoudre ce cas difficile, et les machines du Lœtschberg doivent leur succès à la perfection du fonctionnement de leurs engrenages moteurs.

De jour en jour, l'industrie française améliore ses procédés de fabrication, et il serait injuste de ne pas enregistrer ses progrès.

Xavier Pozières.

COUVREZ VOTRE AUTOMOBILE SANS EFFORT

La plupart des automobiles découvertes sont munies d'une capote rabattable faite d'une toile tendue sur un système de barres pliantes. L'effort des constructeurs s'est attaché, dans ces dernières années, à rendre plus aisée et plus rapide la manœuvre de rabattement et de mise en place de cette capote, manœuvre qui, dans la voiture moderne, peut être effectuée par un homme seul, mais reste, cependant, assez difficile, surtout pour une femme. Or, de plus en plus, voyons-nous des femmes conduire, les unes par nécessité, les autres pour le plaisir. Saluons donc, pour le progrès qu'elle apporte, l'apparition d'une capote mobile qu'un enfant peut manœuvrer sans difficulté. Avec l'aide gracieuse de notre confrère l'*American Motorist* (organe de l'Automobile Club américain), nous allons donner quelques détails sur cet intéressant accessoire.

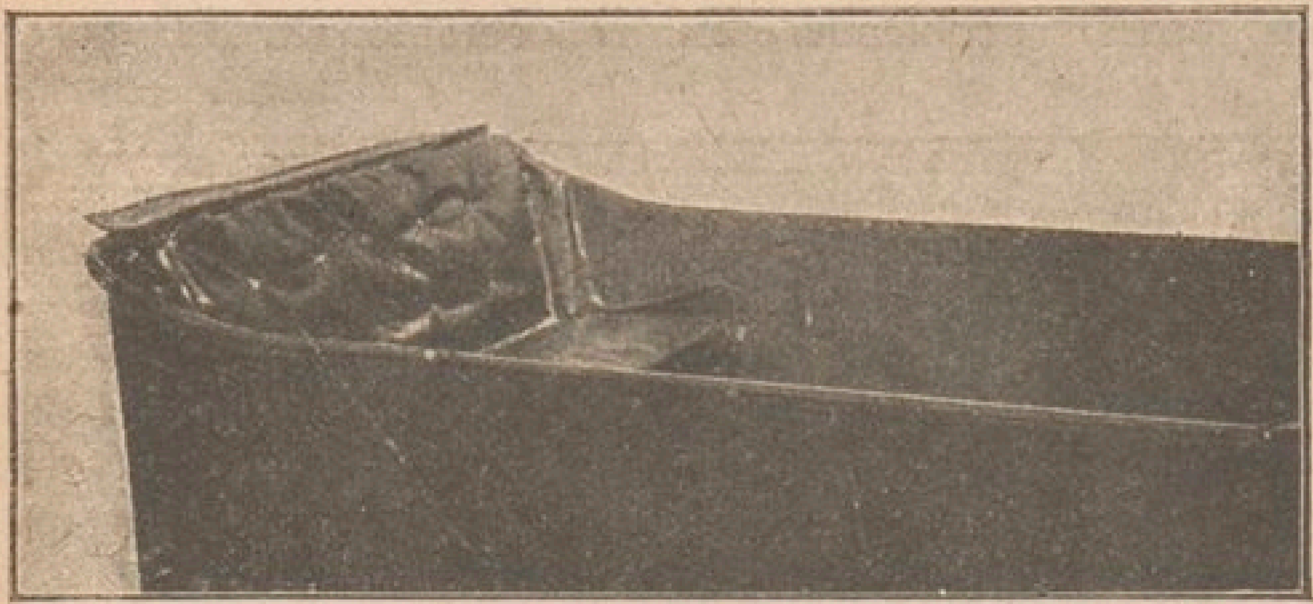


FIG. 1. — LA CAPOTE, REPLIÉE, DEMEURE INVISIBLE

Comme le montre notre figure 1, la nouvelle capote, lorsqu'elle n'est pas utilisée, est complètement invisible. Sur un côté du véhicule, nous apercevons l'axe d'une manivelle ; mettons celle-ci en place et tournons ; nous voyons immédiatement sortir, à l'arrière de la voiture, deux montants entre lesquels est tendue la toile formant le fond de la capote. Ces deux montants sont entretoisés à leur extrémité supérieure par une barre à laquelle est fixé un système de lames d'acier articulées qui sont, à ce moment, repliées sur elles-mêmes. Le fond étant en place, on développe horizontalement (fig. 2) le système de lames par simple traction jusqu'à toucher le haut du pare-brise au cadre duquel se rattache la partie avant de la capote. Des toiles de côté (fig. 3) complètent la fermeture de la voiture comme dans le cas du système ordinaire. La montée et la descente des montants postérieurs sont obtenues au moyen de deux crémaillères (une pour chaque montant) que deux engrenages, commandés par la rotation de la manivelle, meuvent dans l'un ou l'autre sens. Comme nous l'avons dit tout à l'heure, ce dispositif, extrêmement pratique, ne nécessite aucun effort quand il s'agit de l'utiliser. Il est installé sur un grand nombre de voitures de luxe américaines, mais il va sans dire qu'il peut être adapté aux véhicules automobiles du plus bas prix. Ceci est une caractéristique des inventions américaines ayant trait à l'automobile. Le confortable n'est pas dévolu seulement à la limousine du milliardaire, mais aussi à l'auto de l'employé.

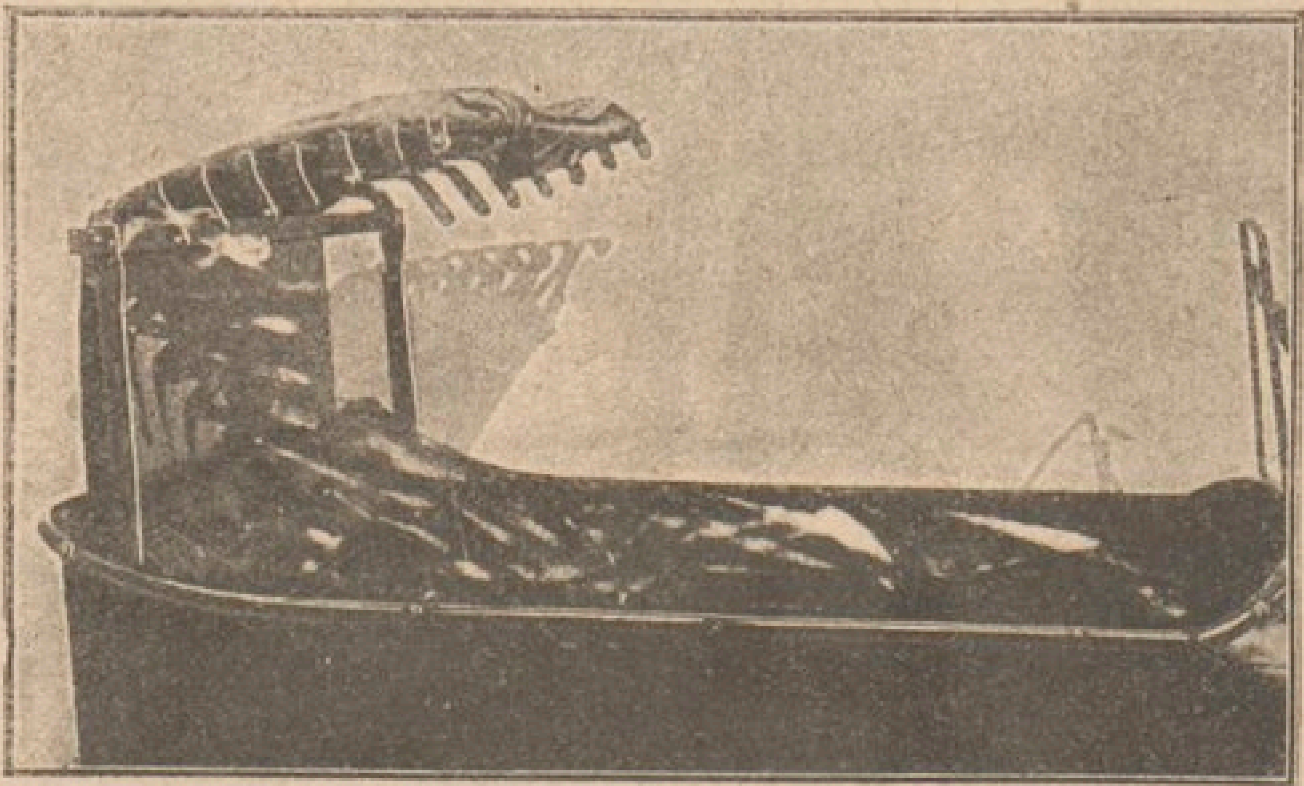


FIG. 2. — DÉVELOPPEMENT DES LAMES ARTICULÉES

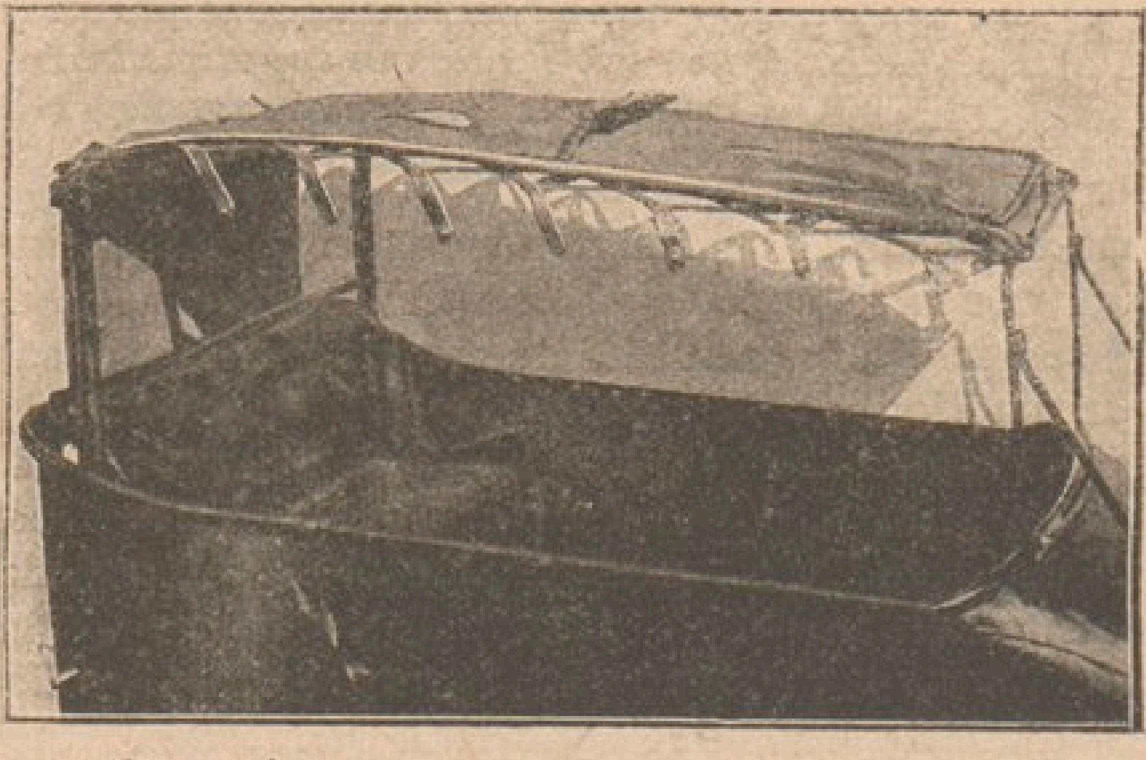


FIG. 3. — L'AJUSTEMENT DES TOILES LATERALES

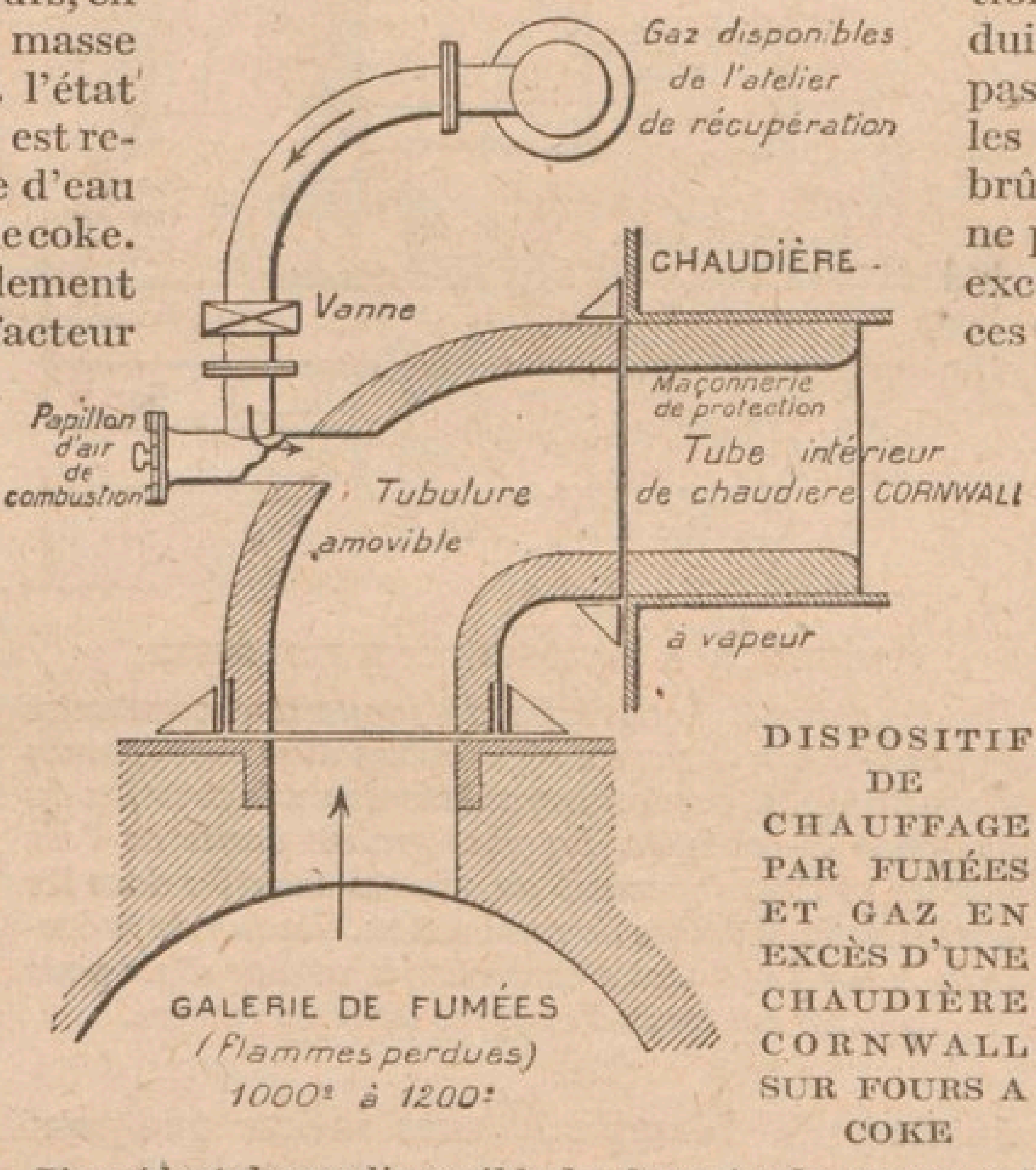
L'UTILISATION DES GAZ DES FOURS A COKE

Par François BALTHIER

Toute installation de hauts fourneaux comprend des batteries de fours à coke ; on sait que ce combustible est obtenu en brûlant de la houille, à l'abri de l'air, dans des cornues ou fours métalliques qui, accolés, constituent des batteries. La houille, sous l'influence de la chaleur, laisse dégager les composés gazeux qu'elle renferme et il reste dans les fours, en fin d'opération, une masse solide fragmentée, à l'état d'incandescence, qui est retirée, que l'on arrose d'eau et qui n'est autre que le coke.

Nous savons également que le coke est un facteur important, dans le fonctionnement des hauts fourneaux ; c'est lui, en effet, qui carbure le métal et qui, en brûlant dans l'air chaud que l'on insuffle dans le haut fourneau, permet d'obtenir la température que l'on est obligé de réaliser.

Or, la combustion de la houille, qui, sous l'action de la chaleur, donne le coke, fournit un très grand nombre de sous-produits.



DISPOSITIF DE CHAUFFAGE PAR FUMÉES ET GAZ EN EXCÈS D'UNE CHAUDIÈRE CORNWALL SUR FOURS A COKE

L'excédent de gaz disponible des fours à coke est ramené généralement aux chaudières pour y être brûlé avec admission d'air. La figure schématique ci-dessus fournit l'une des dispositions souvent utilisées.

La récupération de ces sous-produits a été mise en œuvre dès 1867 par Carvès. Nous ne parlerons pas, au cours de cet article, du benzol, du goudron ni du traitement de ce dernier, d'où on retire les huiles de goudron, dont l'application aux foyers divers et aux moteurs à explosion s'est développée avec une extrême rapidité.

Nous citerons pour mémoire les sous-produits comme le « brai », qui sert à la fabrication des briquettes, la créosote, utilisée pour imprégner le bois, la naphtaline et tous autres sous-produits employés dans la fabrication des couleurs et matières tinctoriales, des produits pharmaceutiques, etc..

L'objet de cet article est d'examiner l'utilisation des gaz disponibles provenant des fours à coke, dans les établissements où fonctionnent des hauts fourneaux.

Les fours à coke normaux, sans récupération, dans lesquels les produits de la distillation passent directement dans les carnaux pour y être brûlés avec de l'air froid, ne peuvent fournir aucun excédent de gaz. Dans ces fours à coke, en effet, la totalité des gaz est nécessaire pour obtenir, dans les compartiments des fours, la chaleur indispensable à la fabrication du coke métallurgique. La récupération des sous-produits de la distillation de la houille, qui fut rapidement organisée dans nos installations de hauts fourneaux, nécessite le passage de la totalité du gaz dans un barillet, puis à « l'atelier de récupération ». De ce fait, non seulement le gaz obtenu est épuré dans les appareils, mais aussi la combustion dans les carnaux, au moyen de brûleurs appropriés, devient plus aisément réglable. On obtient, du même coup, une température de distillation suffisante, avec une consommation de gaz sensiblement moindre.

Tous les perfectionnements successifs, réalisés dans la construction des fours, a permis d'obtenir un excédent de gaz d'environ 20 % ; donc, une houille à coke, produisant

300 mètres cubes de gaz par tonne, consomme 240 mètres cubes pour sa transformation en coke, en laissant une disponibilité de 60 mètres cubes susceptible d'être utilisée de façon quelconque. Cet excédent étant encore insuffisant, on a cherché à l'augmenter au moyen de régénérateurs de chaleur qui sont employés à chauffer à environ 1 000 degrés l'air de combustion du gaz destiné à distiller la houille. La question a été heureusement résolue de façon complète et les excédents de gaz qui sont disponibles atteignent aisément de 45 à 60 %. Comme conséquence, une houille fournissant 300 mètres cubes par tonne, ne consommera plus pour sa distillation proprement dite que de 120 à 165 mètres cubes. Donc, il restera disponible, pour d'autres usages intéressants, de 135 à 180 mètres cubes de gaz par tonne de houille passée aux fours à coke.

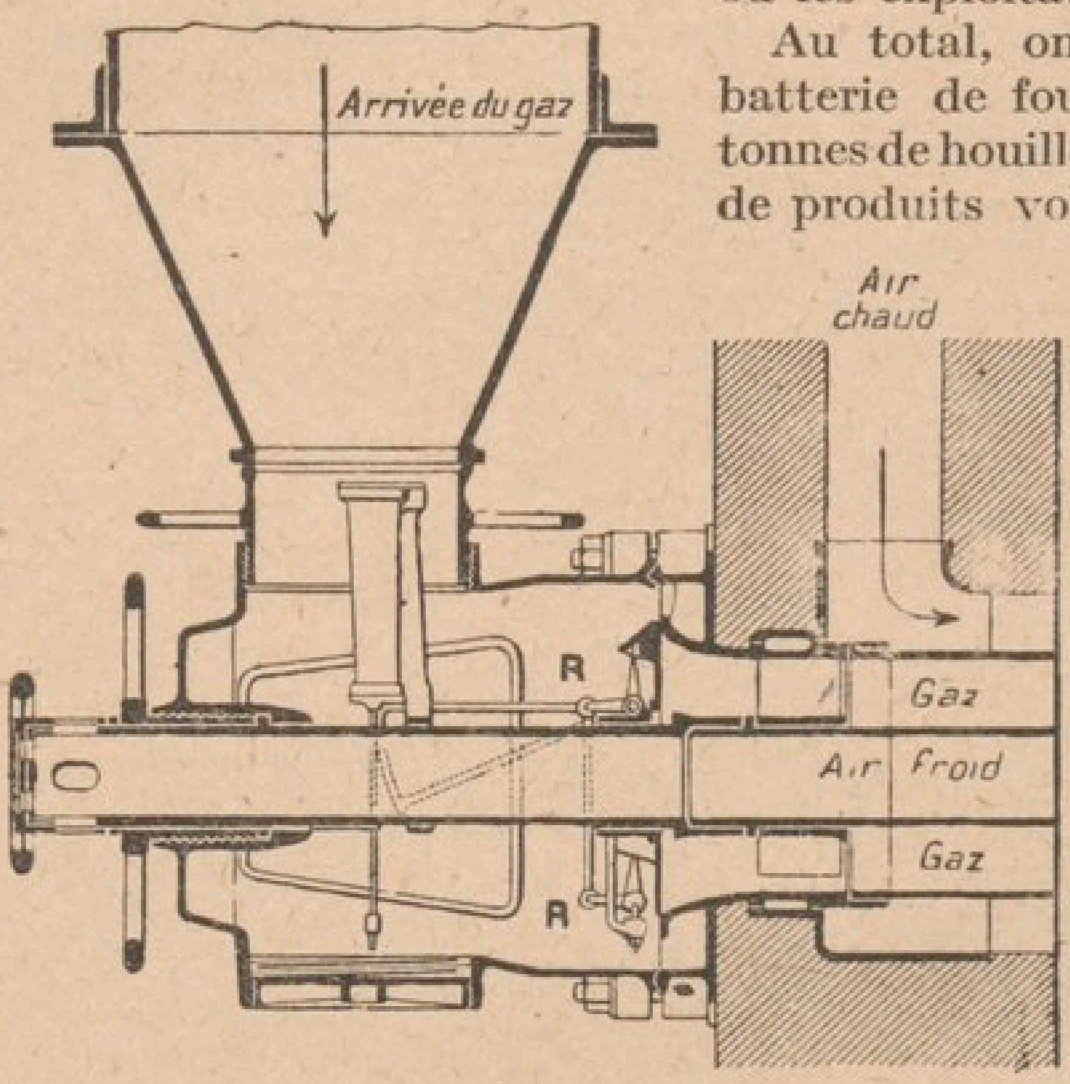
Les applications de ces excédents de gaz et leur utilisation sont pour l'industrie moderne une source de profits importants.

La première application de ces excédents de gaz que nous ayons à examiner ici est la production de l'énergie.

Les fours à coke ordinaires — sans récupération des sous-produits — fournissaient déjà de 0 kg. 90 à 1 kg. 5 de vapeur par kilogramme de houille. L'expérience a montré que les fours à coke à régénérateurs ne devaient pas être utilisés quand on veut produire de l'énergie avec de la vapeur seulement. Si on envisage l'application du moteur à gaz. il n'en est pas de même. Comme l'a excellemment montré M. Gouvy, ingénieur des Arts et Manufactures, la consommation normale des moteurs bien compris ne dépasse pas, en effet, 2.500 calories par cheval effectif. D'autre part, chaque tonne de houille enfournée produit 300 mètres cubes de gaz à 4.500 calories. De plus, 50 % de ce gaz au moins sont rendus disponibles par l'emploi de régénérateurs ; on peut donc produire facilement, par tonne de houille enfournée, 270 chevaux effectifs.

De ces faits, il est aisé de conclure au choix du type de fours à coke que l'on doit adopter dans chaque cas particulier : il faut, bien ntendu, tenir compte, pour cela, de la nature de la houille, du tonnage traité par heure, de l'appoint de force motrice que devront fournir les fours à coke pour l'usine ou les exploitations accessoires.

Au total, on a pu établir qu'une batterie de fours traitant cent mille tonnes de houille, à 300 mètres cubes de produits volatils par tonne, peut fournir, après récupération des sous-produits et avec chaudières à vapeur, 13.200 kilos de vapeur-heure qui répond environ à 1.650 chevaux effectifs en moteurs à vapeur, alors qu'en appliquant les moteurs à gaz, cette même batterie fournirait sans peine 3.240 chevaux effectifs.



BRULEUR A GAZ SYSTÈME DOLINSKI

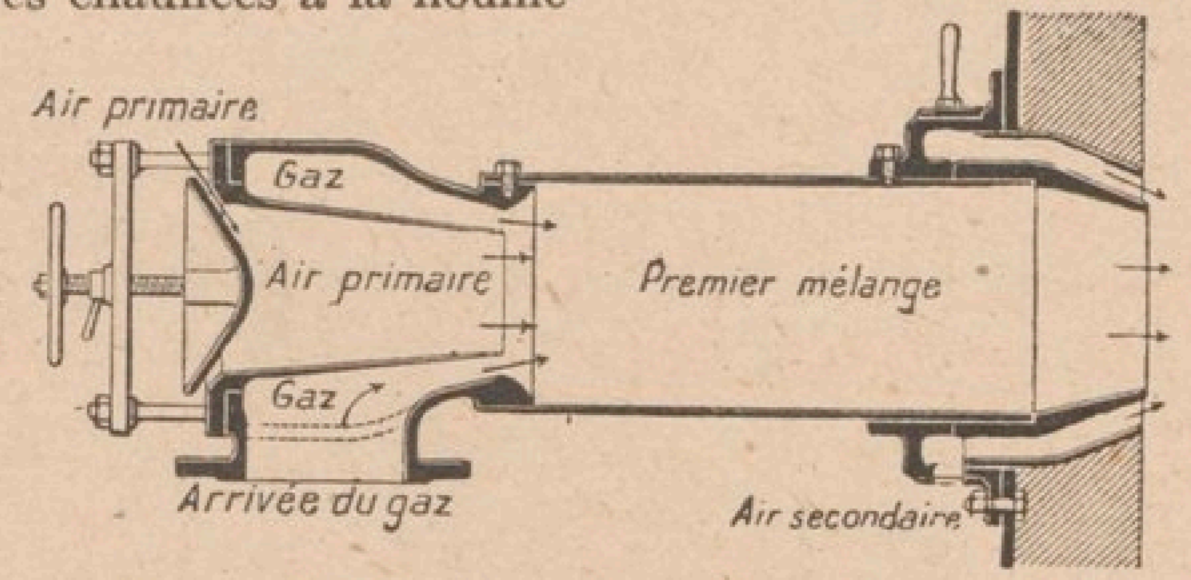
Dans ce dispositif, qui réalise des proportions constantes de gaz et d'air, le gaz est réglé automatiquement par un dispositif R R, *avec contrepoids, suivant la pression du gaz dans la conduite. La plus grande partie de l'air admise concentriquement au gaz est chauffée dans les parois de la chambre de combustion. La tubulure centrale à air froid sert à compléter le volume d'air pour obtenir un excès d'oxygène dans les fumées.*

Quand il s'agit de produire de la vapeur avec l'excédent de gaz que procure la régénération, les « brûleurs à gaz » jouent un rôle des plus importants ; ils doivent, en effet, tendre essentiellement à un mélange aussi intime que possible du gaz et de l'air ainsi qu'à réduire les pertes à la cheminée par un léger excès d'air de combustion.

Dolinski a pu réaliser un dispositif utilisé en Moravie et dans lequel il a cherché à obtenir des porportions constantes de gaz et d'air. Le gaz est réglé automatiquement par un dispositif à contrepoids, suivant la valeur de sa pression dans la conduite. En outre, la plus grande partie de l'air admise — concentriquement au gaz — est chauffée dans les parois de la chambre de combustion. La tubulure centrale à air froid parfait le volume d'air pour obtenir un excès d'oxygène dans les fumées.

Le dispositit de l'ingénieur Terbeck, dont nous donnons aussi un schéma, a été adapté à

des chaudières tubulaires chauffées au gaz des fours à coke de 4.000 calories au mètre cube. Par ce procédé, on a pu obtenir une vaporisation de 20 à 22 kilos par mètre carré de surface de chauffe ; il faut ajouter que les mêmes chaudières chauffées à la houille ne donnaient que 14 à 15 kilos.

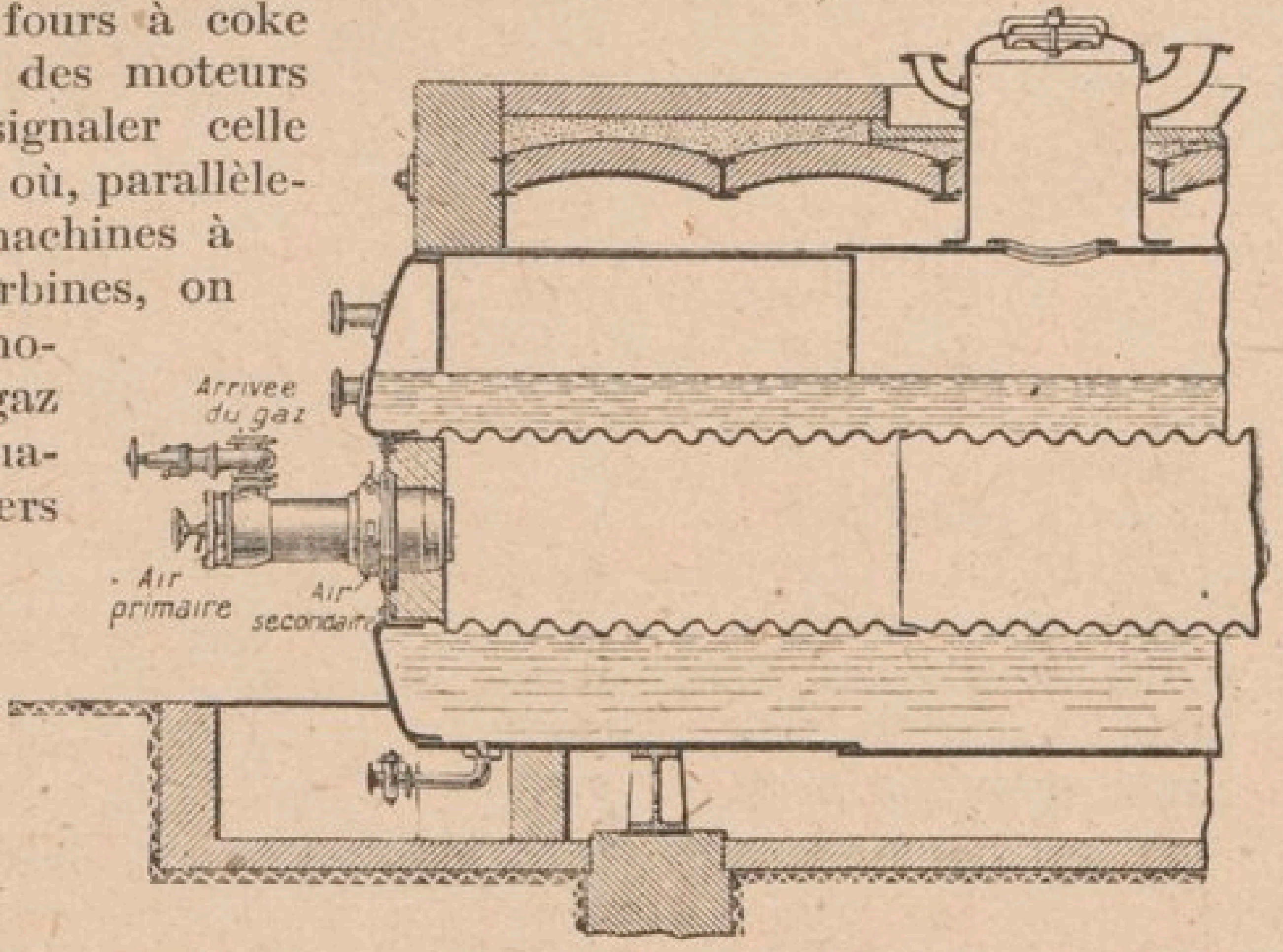


BRULEUR A GAZ SYSTÈME TERBEK

L'ingénieur Terbek a appliqué à des chaudières tubulaires, chauffées au gaz des fours à coke de 4.000 calories au mètre cube, un appareil dont nous donnons le schéma ci-dessus. On obtient ainsi une vaporisation de vingt kilos par mètre carré de surface de chauffe. Ce brûleur porte en lui-même l'espace produisant un mélange partiel des fluides gazeux. Il ne nécessite pas, de ce fait, une chambre de combustion spéciale.

Le gaz des fours à coke destiné aux chaudières à vapeur, de même que celui envoyé aux carnaux des fours eux-mêmes, peut être employé tel qu'il sort de l'atelier des sous-produits, débarrassé de ses goudrons. Il ne saurait en être de même quand on doit alimenter directement des moteurs à gaz : il faut, en effet, dans ce cas-là, épurer à nouveau afin d'éliminer le soufre contenu dans le gaz. A cet effet, on fait passer le gaz sur des claies superposées de quatre mètres carrés de surface, garnies d'oxyde de fer hydraté qui, d'ailleurs, est régénéré à l'air après un certain temps, pour être rechargé à nouveau. Parmi les multiples installations de fours à coke qui alimentaient des moteurs à gaz, il faut signaler celle des mines de Lens où, parallèlement avec des machines à vapeur et des turbines, on employait cinq moteurs utilisant les gaz en excès de cent quarante fours Koppers qui absorbaient ainsi 8.800 chevaux. La mine Heinitz, près de Sarrebruck, a installé, il y a quelques années, une station électrique composée uniquement de moteurs à gaz alimentant ainsi, avec les gaz recueillis dans cent vingts fours Koppers à régénérateurs, tout le réseau de cette région (11.000 chevaux sont ainsi produits). Si on ajoute à cette première installation soixante fours Collin à générateurs et deux nouveaux moteurs de 4.600 chevaux chacun, on arrive à un total de 20.000 chevaux produits uniquement par les gaz en excès de cent quatre-vingts fours.

L'emploi des gaz de fours à coke dans les moteurs à gaz a, d'ailleurs, subi, dans ces dernières années, de nombreuses améliorations qu'il nous paraît utile de résumer ici : comme le gaz s'échappant du cylindre moteur est, à sa sortie, à une température variant entre 450 et 600 degrés, il a semblé utile de récupérer cette chaleur perdue en faisant passer le gaz dans une chaudière à vapeur placée sur le tuyau d'échappement, produisant, par ce moyen, soit de l'eau chaude pour le chauffage d'ateliers ou pour l'alimentation de chaudières, soit encore pour produire directement de la vapeur sous pression susceptible d'actionner des machines. Des types de chaudière appropriés, à tubes d'eau (de façon à ne pas accroître la contre-pression à l'échappement), ont été établis par quelques constructeurs



BRULEUR A GAZ TERBEK MONTÉ SUR UNE CHAUDIÈRE

Un autre perfectionnement, plus récent, a eu pour effet d'appliquer à un autre groupe de moteurs à gaz à quatre temps le principe du balayage des résidus de la combustion, avant l'admission au cylindre moteur du nouveau mélange détonant. Si l'on combine les chaudières sur l'échappement des moteurs à gaz avec le balayage de ces mêmes moteurs, la vapeur produite suffit

largement à actionner des turbo-compresseurs d'air et de gaz. Par suite, on voit que l'on peut compter sur une augmentation d'au moins 30 % de l'énergie produite par tonne de houille : comme conséquence, au lieu de 270 chevaux produits par récupération et par tonne de houille enfournée, on pourra envoyer dans les moteurs à gaz 350 chevaux par tonne de houille carbonisée.

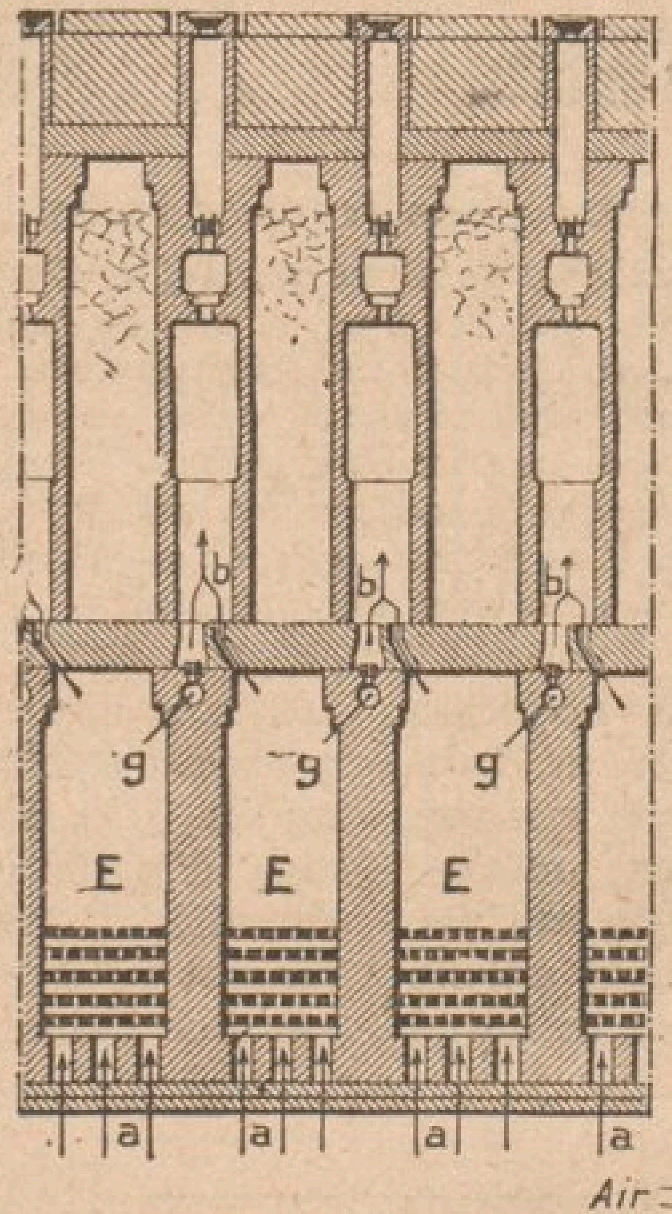
Une autre application du gaz des fours à coke réside dans le chauffage des fours métallurgiques ; cette question a été surtout examinée au point de vue de la fabrication de l'acier sur sole dans les fours Martin-Siemens. La houille fournit 7.000 calories par kilogramme, les gaz du four à coke possèdent 4.000 calories par mètre cube ; par suite, chaque mètre cube de gaz peut remplacer 0 kg. 570 de houille. L'examen de la question permet d'établir la conclusion suivante : une batterie de fours à coke traitant, par exemple, 100.000 tonnes de houille par an avec un excès de gaz disponible de 150 mètres cubes par tonne et de 43.200 mètres cubes par vingt-quatre heures, peut alimenter à elle seule un four Martin faisant 98 tonnes de lingot par jour.

L'emploi du gaz des fours à coke dans les fours Martin procure les avantages suivants du point de vue du prix de revient de l'acier : la production des fours peut être augmentée de 25 % ; le déchet au feu est réduit, par suite de la plus grande rapidité des opérations ; le bain est, en effet, moins longtemps en contact avec les matières oxydantes, et la température, plus élevée à la coulée, réduit les fonds de poche à un minimum. En troisième lieu, on peut supprimer le personnel des gazogènes, l'entretien et le nettoyage des suies des conduites de gaz correspondantes, ainsi que les manipulations de houille et de scories, toujours onéreuses.

En dernier lieu, le chauffage des fours métallurgiques par le gaz des fours à coke permet d'obtenir une amélioration considérable de la qualité de l'acier. Ce résultat est dû, non seulement à un travail plus rapide réduisant l'oxydation, mais encore au réglage très aisé de la combustion, qui permet de réaliser à volonté une atmosphère oxydante, neutre ou réductrice à chaque instant, et cela suivant les besoins.

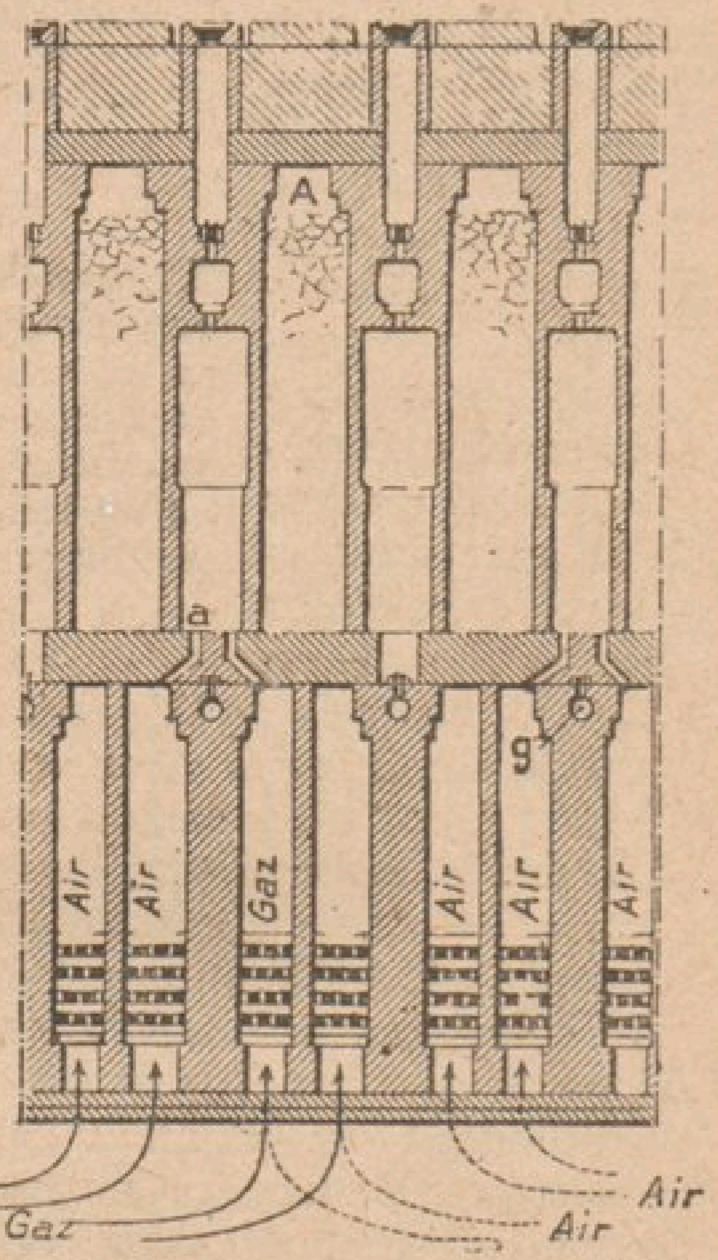
(Nous reproduisons, ci-dessous, sous une forme schématique, les fours Koppers, agencés par la Friedrich Wiehelshuette pour l'application au chauffage de ces appareils d'une partie des gaz des hauts fourneaux de cette société.)

Signalons, avant de clore ce chapitre, un essai effectué à l'usine d'Osnabrück en vue de chauffer les fours à coke ordinaires avec récupération et chaudière, à la suite, par les gaz des hauts fourneaux. On a eu recours à une combinaison consistant à produire de la vapeur avec les fumées des fours à coke et à souffler les hauts fourneaux avec souffleries à vapeur. On a ainsi augmenté la disponibilité de gaz des gueulards, ces gaz étant ensuite répartis dans les divers services de l'usine.



FOURS ORDINAIRES SYSTÈME KOPPERS

A, *air de combustion;* b, *brûleurs à gaz;* E, *régénérateurs;* g, *carnaux amenant les gaz de la récupération.*



FOURS KOPPERS COMBINÉS

A gauche, marche avec gaz de haut fourneau; à droite, marche avec gaz provenant uniquement de fours à coke.

Les gaz de fours à coke sont également employés pour la fabrication de l'acide azotique et des nitrates. Les engrais artificiels utilisés par l'agriculture proviennent, soit des aciéries sous forme de phosphates, soit des ateliers de récupération des fours à coke, sous forme de sulfate d'ammoniaque. Un

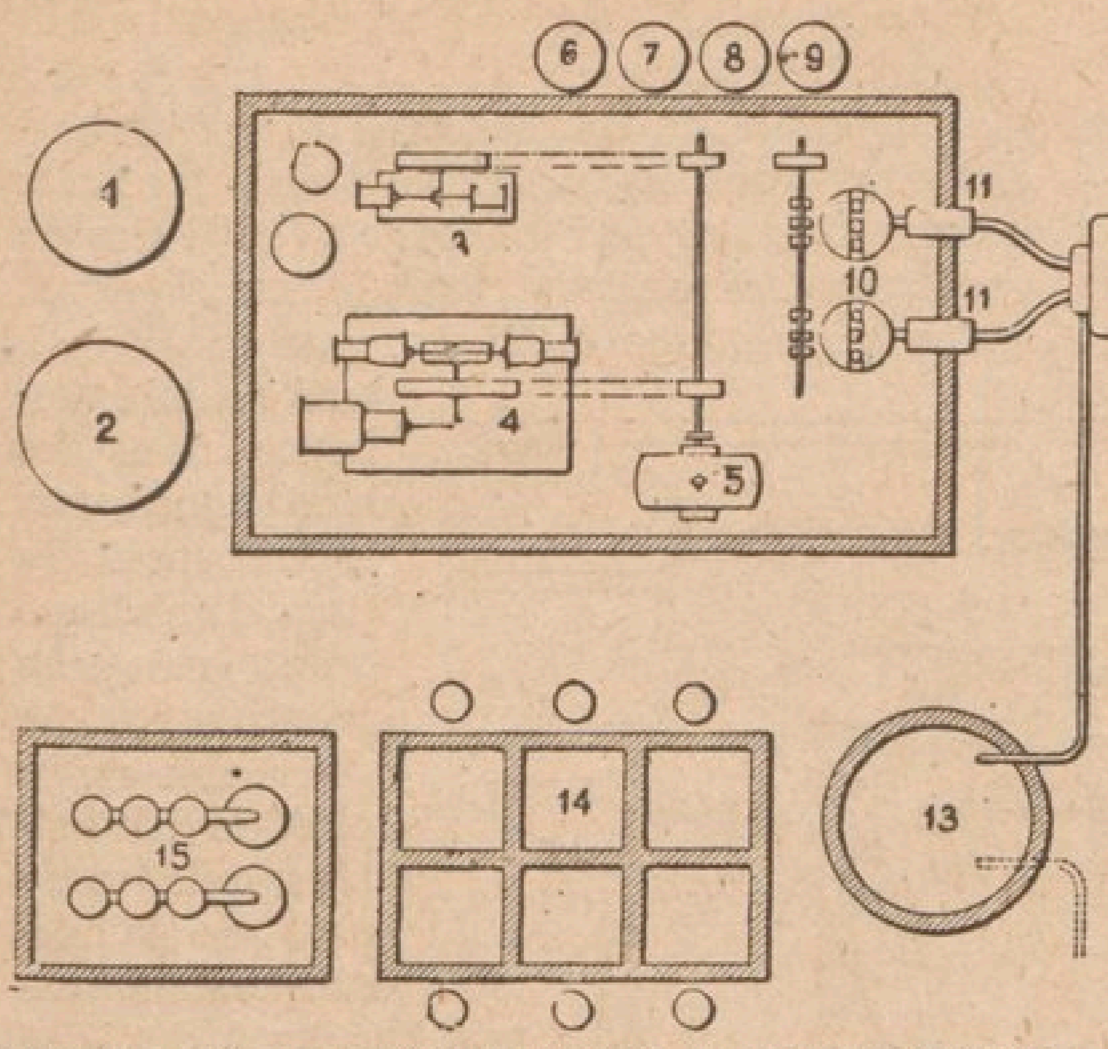


SCHÉMA D'UNE USINE A ACIDE AZOTIQUE INSTALLÉE A HAMM ET UTILISANT 5.000 MÈTRES DE GAZ DE FOURS A COKE PAR VINGT-QUATRE HEURES

1-2, *gazomètres pour l'oxygène et le gaz des fours à coke;* 3, *appareil de fabrication d'oxygène ;* 4-5, *compresseurs combinés comprimant à 5 atmosphères un mélange de 6 volumes d'air, 1/3 de volume d'oxygène correspondant à 1 volume de gaz des fours à coke;* 6, 7, 8, 9, *réservoirs intermédiaires pour l'oxygène, le gaz, l'air de combustion et l'air servant au balayage;* 10, *bombes d'explosion fonctionnant alternativement;* 11, *réchauffeur d'eau d'alimentation traversé par les gaz d'échappement des bombes;* 12, *chaudière à vapeur chauffée par les gaz traversant le tube de fer dans lequel est fixé un serpentin servant à chauffer en même temps l'air de combustion;* 13, 14, *tour d'oxydation et tours d'absorption* (14) *où se forme l'acide azotique;* 15, *appareils de concentration de l'acide.*

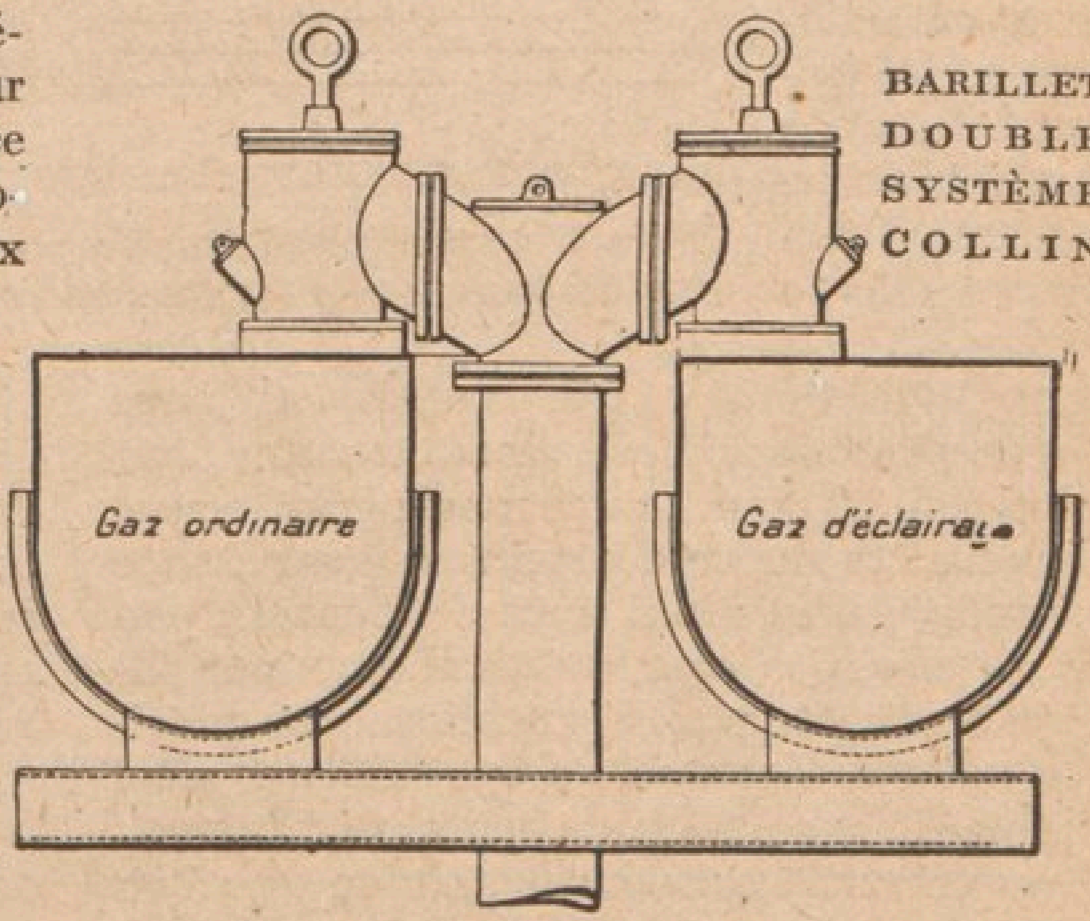
autre engrais, obtenu indirectement par le gaz des fours à coke, a pu être réalisé par le procédé Haeusser ; c'est là un nouvel emploi de l'excédent des gaz des fours munis de régénérateurs. Le procédé Haeusser est basé sur l'oxydation de l'azote de l'air en présence d'un excès d'oxygène sous une pression produite par l'explosion d'un mélange gazeux dans un récipient approprié. Il se produit tout d'abord, au moment de l'explosion, de l'oxyde azoteux qui, pendant le refroidissement, absorbe l'oxygène libre et se transforme en peroxyde d'azote. Le passage des vapeurs anhydres dans un laveur produit l'acide azotique. Voici comment on procède pour obtenir le rendement maximum : on comprime environ à 5 atmosphères le mélange explosif dans un récipient de grand volume, de façon à réduire l'influence réfrigérante des parois ; l'air de combustion est chauffé au préalable pour augmenter le rendement en azote. Il est ensuite refoulé, ainsi que le gaz des fours à coke, débarrassé préalablement de ses sous-produits et épuré à la pression de 5 atmosphères.

L'explosion est alors réalisée par un allumeur analogue à celui des moteurs à gaz, et la température maximum est maintenue pendant un temps suffisant pour obtenir de grandes quantités d'oxyde azoteux.

Dans l'opération suivante, on injecte de l'eau dans le récipient, quand la température maximum est atteinte ; comme conséquence, il se produit un refroidissement rapide et énergique. Le mélange gazeux que l'on a obtenu contient alors environ 0, 8 % d'oxyde azoteux ; il continue à s'oxyder durant le refroidissement et ceci aux dépens de l'oxygène libre que l'on a ajouté au mélange, donnant naissance ainsi au peroxyde d'azote. A cet effet, on lui fait traverser un serpentin réfrigérant où l'eau produite par la combustion se dépose lentement.

Le mélange passe en dernier lieu, pour subir une purification, dans plusieurs tours à arrosage dites tours d'absorption.

Une autre application particulièrement intéressante des gaz des fours à coke réside dans la fabrication du caoutchouc artificiel. Le caoutchouc se compose surtout d'un carbure d'hydrogène, de composition des plus complexes, qui est l'isoprène, et dont la forme la plus simple est la « butadiène », qui existe en petites quantités dans les gaz bruts des fours à coke. On peut donc fabriquer du caoutchouc par le procédé décrit ci-après;



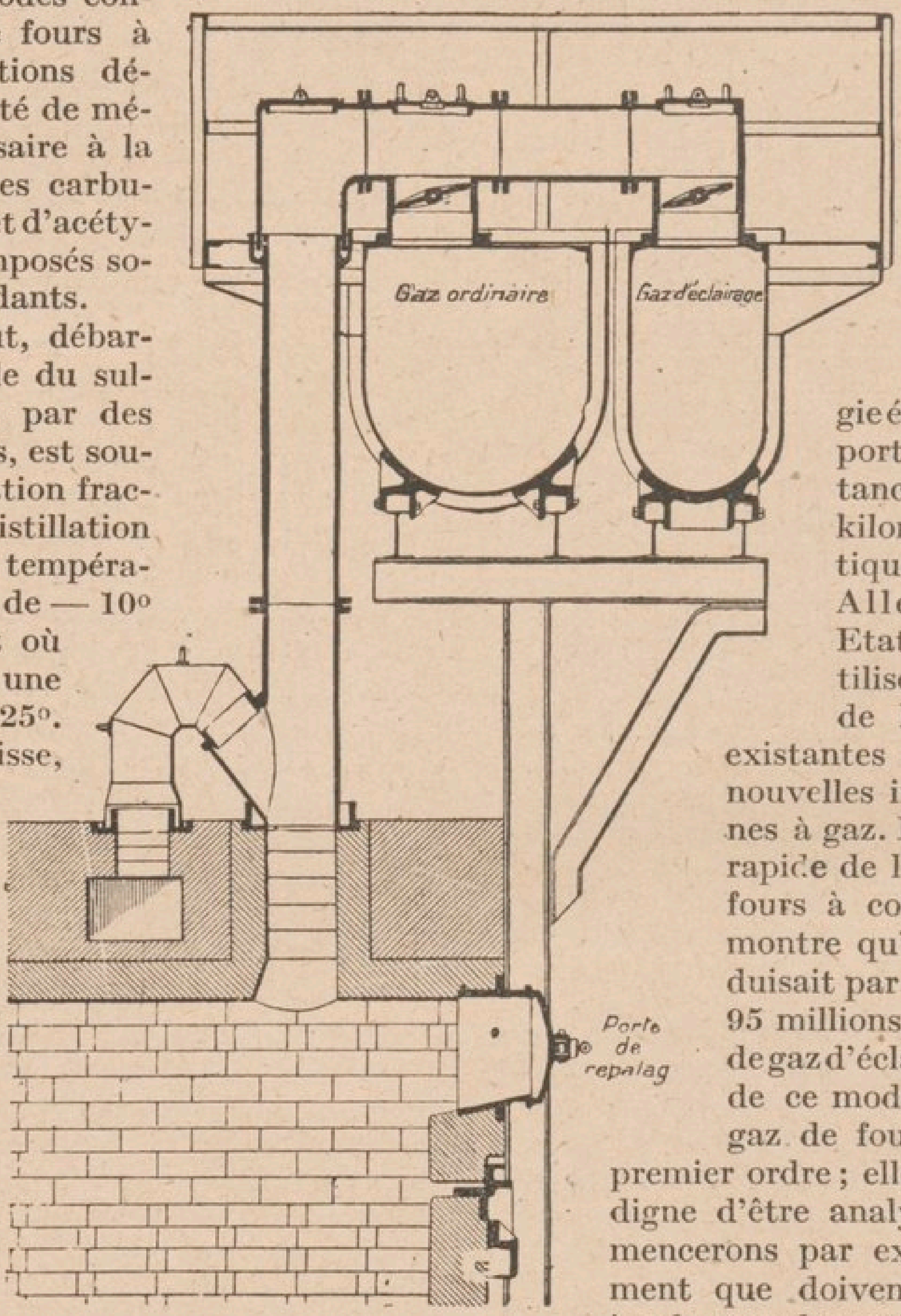
BARILLET DOUBLE SYSTÈME COLLIN

Ce système est employé dans l'aménagement des fours à coke fournissant du gaz propre à l'éclairage.

La matière première est extraite du gaz de fours à coke par un traitement spécial du benzol, qui distille en dessous de 25°. Le procédé consiste à traiter, après désulfuration, en présence du sodium seul ou en présence de l'ammoniaque, du benzol distillé jusqu'à 25° ou un produit analogue extrait d'après des méthodes connues, des gaz de fours à coke, en proportions dépassant la quantité de métal alcalin nécessaire à la transformation des carbures d'hydrogène et d'acétylène en leurs composés sodiques correspondants.

Le benzol brut, débarrassé au préalable du sulfure de carbone par des méthodes connues, est soumis à une distillation fractionnée ; cette distillation se poursuit à une température du serpentin de — 10° jusqu'au moment où les vapeurs ont une température de +25°. Ensuite, on laisse, exposées à la température normale, cent parties du produit distillé en contact avec deux parties de sodium sous forme de feuillards. Les hydrocarbures d'acétylène des composés sodiques se précipitent à l'état de poudre blanche et jaune brun qui se dépose aisément. La « polymérisation » des autres carbures d'hydrogène commence alors, transformant le contenu du vase en une masse gélatineuse. Quand cette masse a atteint sa consistance maximum, on l'étend avec du benzol ; on enlève alors les composés sodiques par filtrage ou encore par décantation ; on précipite enfin le caoutchouc synthétique, ainsi obtenu, de la solution de benzol par l'alcool.

Les échantillons du caoutchouc que l'on a obtenu par ce procédé ne laissent rien à désirer, tant comme solidité qu'élasticité.



BARILLET DOUBLE SYSTÈME KOPPERS

Ce barillet est employé dans l'aménagement des fours à coke pour gaz d'éclairage.

En dehors des usines à gaz existant dans la plupart des villes de moyenne importance, il est possible, dans les centres où se trouvent des hauts fourneaux, et, par suite, des fours à coke, de faire de l'éclairage avec le gaz de ces fours à coke. D'autre part, il faut observer qu'on peut même utiliser ce gaz en excès à très grande distance dans les campagnes, car le transport du gaz d'éclairage dans un très grand rayon ne présente guère plus de difficultés que le transport de l'énergie électrique. Le transport du gaz à des distances de 50 et 100 kilomètres a été pratiquement réalisé en Allemagne et aux Etats-Unis, afin d'utiliser les installations de hauts fourneaux existantes et pour éviter de nouvelles installations d'usines à gaz. Le développement rapide de l'emploi du gaz des fours à coke en Westphalie montre qu'en 1914 on produisait par ce moyen plus de 95 millions de mètres cubes de gaz d'éclairage. La question de ce mode d'utilisation des gaz de fours à coke est de premier ordre ; elle nous paraît donc digne d'être analysée et nous commencerons par exposer l'aménagement que doivent subir les fours à coke pour la production secondaire du gaz d'éclairage. Pour pouvoir, par ce procédé, fournir du gaz d'éclairage, il est tout d'abord indispensable d'utiliser des régénérateurs avec récupération des sous-produits, à l'exception des benzols. Il faut, en outre, épurer le gaz dans des filtres pour extraire le soufre qu'il contient. Les gaz les plus riches en calories se dégagent généralement vers la quatrième ou la sixième heure de distillation, suivant la teneur en eau de la houille traitée. D'autre part, la qualité diminue rapidement après la quinzième heure. Il a donc fallu installer des « barillets » doubles, munis de clapets et permettant de mettre en communication les prises de gaz de chacun des fours à

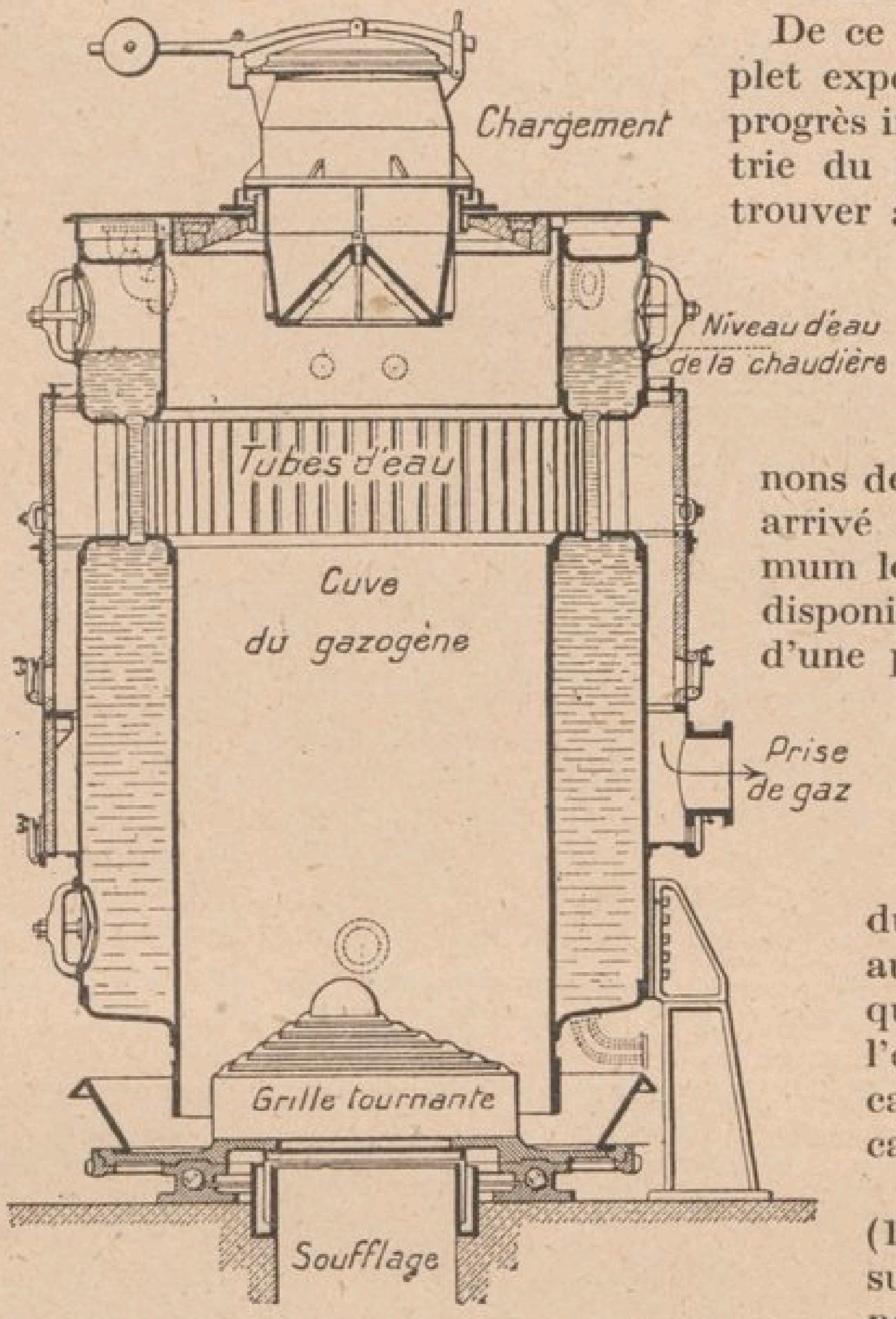
volonté avec le « barillet » à gaz d'éclairage ou avec celui de gaz ordinaire, ce dernier étant utilisé n'importe comment dans des moteurs ou sous des chaudières.

Les schémas que nous donnons au cours de cet article montrent quelques-uns des dispositifs adoptés. Comme les gaz sont fractionnés à l'état brut, il est nécessaire de pouvoir disposer de deux séries différentes d'appareils à récupération de sous-produits ; le gaz destiné à l'éclairage traverse des filtres à désulfurer, avant d'être refoulé dans les conduites, à des pressions correspondant aux diamètres et à la longueur de la tuyauterie, par les compresseurs.

On peut citer comme exemples de ces installations celle du puits Salzer-Nenack, à Essen, qui comporte quarante fours Collin à régénérateurs et double barillet et qui fournissent le gaz d'éclairage aux usines Krupp tout entières.

Comme avec les fours à coke normaux on ne peut disposer que de 50 % environ des gaz distillés, on a cherché à rendre disponible la totalité de ces gaz en chauffant les fours à coke avec du gaz de gazogènes, ce dernier étant fabriqué avec des déchets de coke ou un autre combustible bon marché. Ce problème a été réalisé de façon heureuse par les fours à gaz Koppers, qui sont des groupes de cornues verticales en maçonnerie chauffées par un combustible quelconque. On a fait en France, à Elbeuf, une application du principe Koppers : trois groupes de deux fours chacun y ont parfaitement fonctionné dès 1911.

L'installation qui est de beaucoup la plus importante dans cet ordre d'idées est celle de Vienne (usine de Leopoldau). Elle comprend soixante-douze fours en huit groupes de neuf fours chacun pour une production de 220.000 mètres cubes de gaz par vingt-quatre heures. Peu de temps avant la guerre, cette usine a été augmentée d'une centaine de fours pour 360.000 mètres cubes.



GAZOGÈNE A GRILLE TOURNANTE AVEC CHAUDIÈRE A VAPEUR, DE L'USINE DE VIENNE

Des installations analogues ont été réalisées à Berlin, Budapest, Kiel, etc. La place nous manque, d'ailleurs, pour nous étendre sur ce sujet qui, à lui seul, fournirait largement matière intéressante à un et même plusieurs volumes.

De ce court et fort incomplet exposé, il résulte que les progrès incessants de l'industrie du coke ont permis de trouver à chaque instant de nouveaux produits donnant lieu à des applications très variées. C'est ainsi, comme nous venons de le voir, que l'on est arrivé à porter au maximum le rendement en gaz disponible des fours à coke d'une part, et l'effet utile des moteurs à gaz, d'autre part. Ces excédents de gaz sont appliqués non seulement à la production d'énergie et aux foyers métallurgiques, mais aussi à l'éclairage, à la fabrication des engrais et du caoutchouc artificiel.

Au total, M. Gouvy (1) résume comme il suit la valeur moyenne que représente l'utilisation des gaz des fours à coke existant en France :

1° Sous forme d'énergie électrique en moteurs à gaz. Fr.	22.500.000
2° Emploi comme gaz d'éclairage, pour la fabrication des nitrates	12.000.000
3° Valeur des sous-produits (naphtaline, goudrons, dérivés, etc.)	8.000.000
TOTAL. Fr.	42.000.000

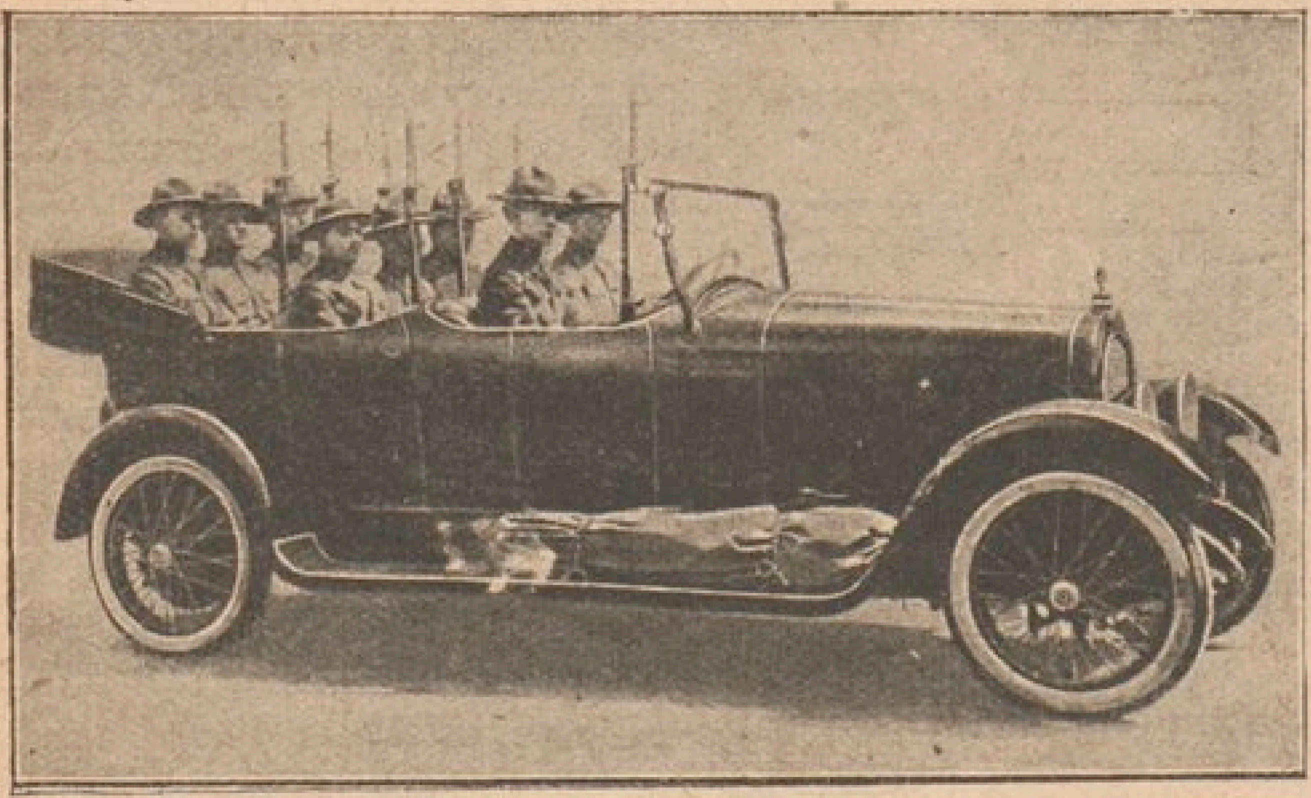
Plus de 40 millions de francs que l'on a pu réaliser grâce à des transformations appropriées des fours à coke, et ceci au profit de l'industrie et de la richesse du pays.

FRANÇOIS BALTHIER.

(1) M. Gouvy, Ingénieur des Arts et Manufactures, a publié, sur ces questions, des travaux fort intéressants, dans lesquels nous avons abondamment puisé pour la rédaction de cet article.

MATÉRIEL DE CAMPEMENT EXTRA LÉGER

Le problème du *camping* en automobile, qui pourrait bien devenir celui du transport et du logement de certaines troupes en campagne, vient de faire un grand pas



CETTE AUTOMOBILE PORTE LE LOGEMENT DES HUIT SOLDATS AMÉRICAINS QU'ELLE TRANSPORTE

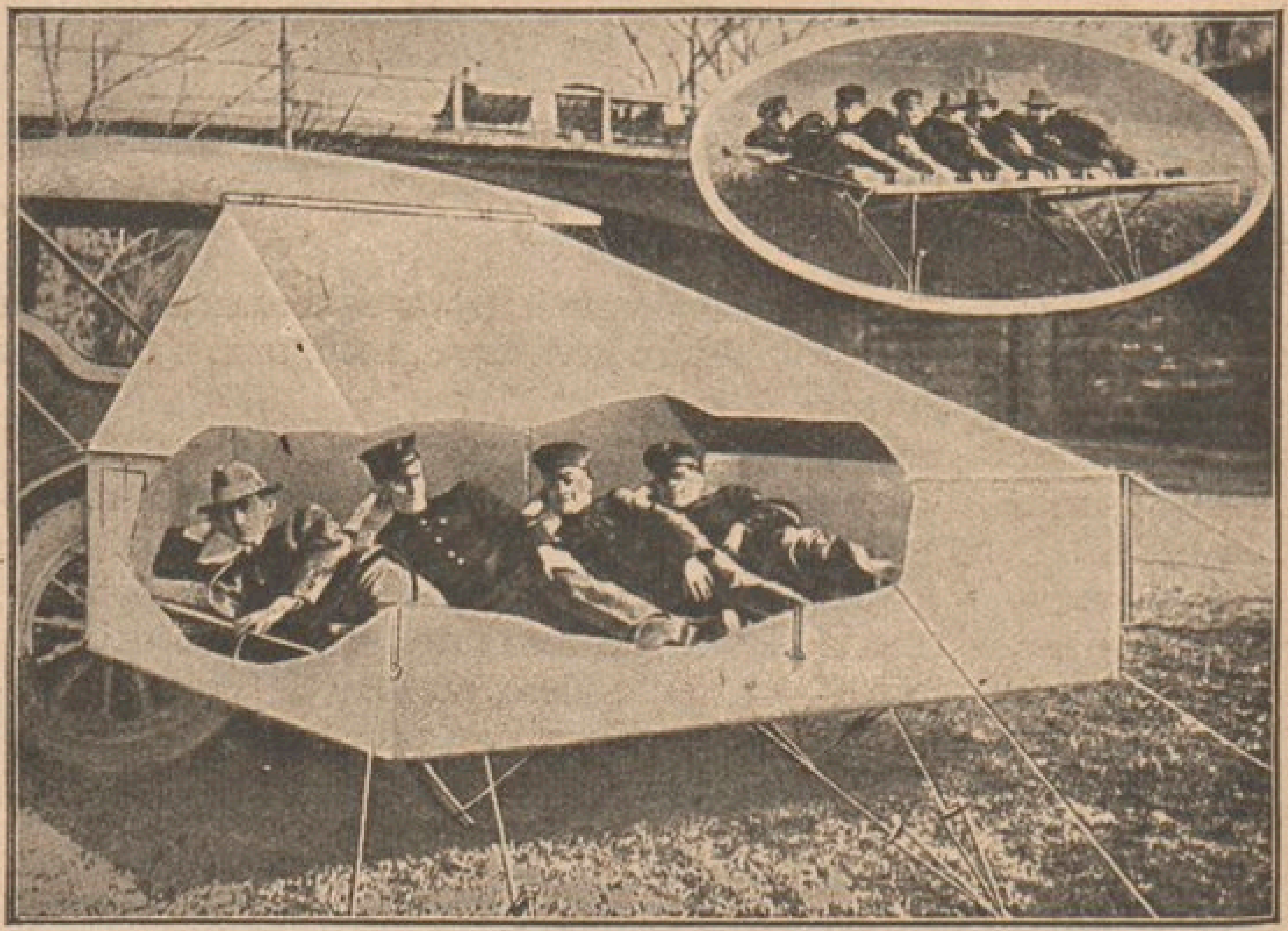
en avant grâce au sportsman américain bien connu et très estimé, J.-H. Wittmann.

M. Wittmann a, en effet, imaginé et construit un matériel de campement transportable et pliant spécialement adapté à l'automobile (bien que pouvant fort bien être utilisé seul), dont le poids et l'encombrement laissent loin derrière eux ceux des installations similaires les mieux connues jusqu'ici. Ce matériel comprend essentiellement un lit sans sommier ni matelas et dont pourtant l'élasticité est extrême, grâce à une suspension spéciale; une tente et une enveloppe étanche à l'eau qui renferme le tout et se fixe sur un marchepied lorsque le campement est démonté et rentré.

Le lit, pour deux personnes, n'a qu'un seul pied de soutien, mais il est, en outre, haubanné; l'absence de sommier et de matelas le rend on ne peut plus hygiénique en même temps qu'extrêmement léger; en fait, il ne pèse pas neuf livres par personne, soit environ neuf kilogrammes lorsqu'il est fait pour deux, dix-huit pour quatre, etc... Lit et tente présentent cet avantage de pouvoir être montés en cinq minutes et adaptés à n'importe quelle automobile de tourisme sans nécessiter de modifications d'aucune sorte à l'agencement de la voiture.

Un matériel complet pour abriter et coucher huit personnes ne pèse que 6 kg. 800 par passager (lit, tente et enveloppe) et peut être renfermé dans deux enveloppes en toile étanche qui, placées une sur chaque marchepied, n'occupent pas un centimètre carré de surface utile et n'alourdissent qu'insensiblement la voiture. Une de nos photographies montre, d'ailleurs, comment une automobile de tourisme (type dit à sept passagers), peut véhiculer huit troupiers en emportant sur les marchepieds un matériel de campement complet pour les loger tous (beaucoup plus confortablement que dans le meilleur cantonnement) à raison d'un lit pour quatre, de chaque côté de la voiture. Lit et tente sont surélevés du sol.

C'est là une sorte d'installation réglementaire à laquelle M. Wittmann s'est plu à



LE LIT COLLECTIF ET LA TENTE-ABRI SONT FIXÉS A UNE CERTAINE DISTANCE DU SOL

apporter une variante sous la forme d'une tente comprenant d'une part un lit à deux places et, d'autre part, un espace pouvant servir de cabinet de toilette, bureau, etc.

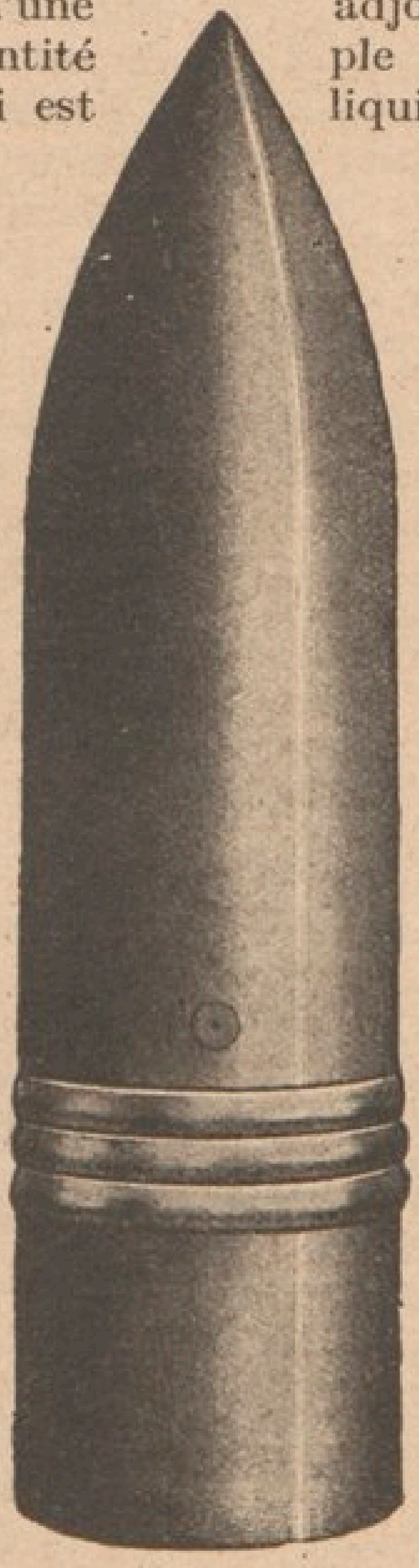
LES OBUS A AIR LIQUIDE

Par Louis FIDULIN

On sait que la force des explosifs repose sur une énergie chimique de transformation, laquelle est brusquement mise en liberté, sous forme de chaleur d'oxydation, par une combustion intérieure. Une explosion n'est donc, en réalité, qu'une combinaison très rapide d'une quantité donnée d'un corps comburant, qui est généralement l'oxygène, avec une quantité convenablement proportionnelle d'un corps combustible, qui est le carbone ou l'hydrogène.

Mais le rendement des explosifs le plus ordinairement employés laisse encore beaucoup à désirer. Même dans la nitroglycérine, qui est un des meilleurs et des plus puissants, on n'obtient, dans son explosion, que 43 % de l'énergie de combustion qui serait mise en liberté par une oxydation directe de l'oxygène et du carbone qui entrent dans sa composition. Son agent d'explosion, qui est l'acide nitrique, entraîne donc une perte d'énergie assez considérable.

C'est seulement en combinant directement l'hydrogène avec la quantité convenable d'oxygène, de façon qu'il n'y ait aucune perte de l'un ou de l'autre, que l'on peut obtenir le maximum de calories de l'énergie d'un corps combustible. On y est parvenu depuis qu'on a réussi à liquéfier l'air et à le faire servir à la confection d'un explosif, auquel on donne le nom d'oxyliquite, lequel est formé d'un mélange mécanique de corps pouvant se combiner au carbone ou à l'hydrogène avec une proportion adéquate d'air ou plutôt d'oxygène liquide. Ainsi, tandis qu'un kilo de nitroglycérine ne développe que 1.580 calories, un même poids d'oxyliquite en dégage 2.000.



ASPECT EXTÉRIEUR DE L'OBUS A AIR LIQUIDE

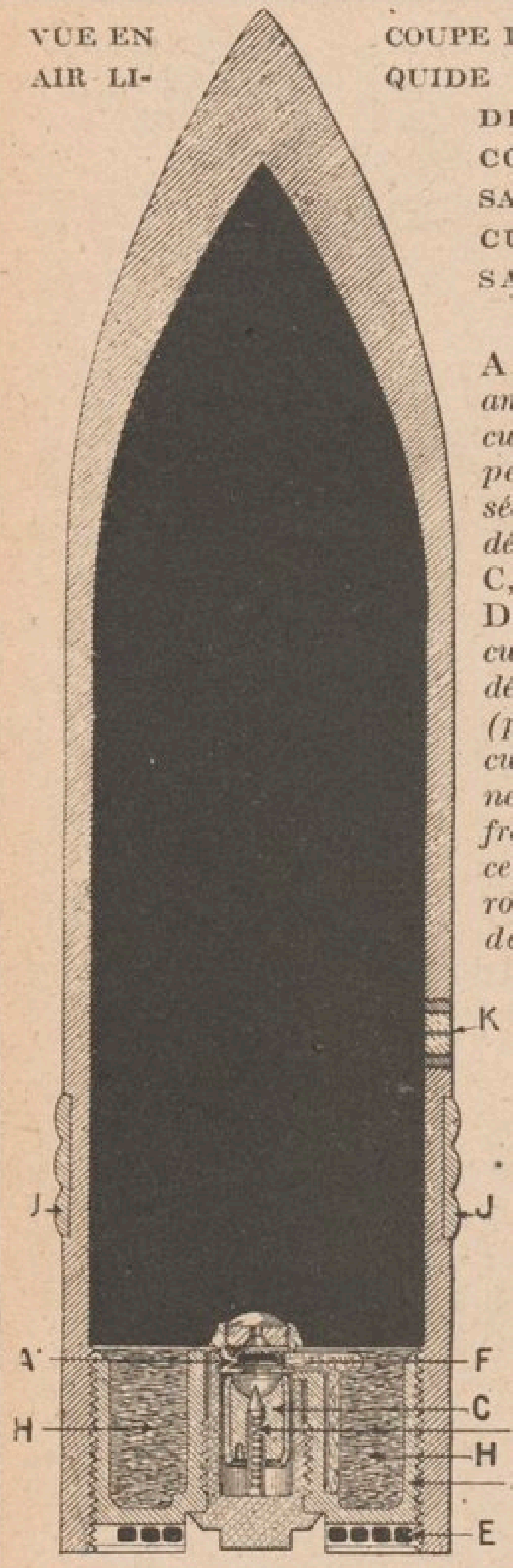
Le projectile est muni de sa ceinture, au-dessus de laquelle on remarque l'orifice pour le remplissage.

L'oxygène liquide joue le rôle de l'acide nitrique dans la confection des explosifs, et il le joue beaucoup mieux, car, malgré sa basse température, il possède des affinités chimiques extrêmement puissantes. Si l'on en imbibe du coton, celui-ci devient du coton-poudre plus énergique que celui qui se fabrique par les procédés ordinaires. Il en est de même de la laine, etc., ou d'un mélange de charbon ou d'un hydrocarbure avec ou sans adjonction de matière inerte (par exemple pétrole et argile) avec l'oxygène liquide. Si on allume ces mélanges à l'aide d'un corps en ignition, ils brûleront simplement en fusant, comme le fait le charbon mêlé de salpêtre ; mais si on amorce la réaction avec une capsule de fulminate de mercure, il se produit une explosion formidable, susceptible de déchiqueter un rail de chemin de fer posé contre eux, sans aucun bourrage.

On n'a pas manqué, bien entendu, d'utiliser, dans l'industrie, cette puissance explosive qui, entre autres avantages, présente celui d'être bien moins coûteuse que la dynamite (plus de moitié moins), car, en dehors du charbon, de la main-d'œuvre et de l'amortissement des appareils, il ne coûte que de l'énergie, soit à peu près deux chevaux-heures par kilogramme d'oxygène liquide, ce qui est peu de chose dans les régions où la force motrice est à bon marché, grâce à la houille blanche.

Après quelques tâtonnements, toute une technique d'emploi, d'une grande simplicité, a été instituée, et le nouvel explosif a pu faire ses preuves dans le percement du Simplon. Sa violence, sa brutalité ont été assouplies au point qu'il est actuellement à même de satisfaire aux cas les plus opposés de la pratique, tels que le travail dans les roches les plus dures, comme dans le tunnel transpyrénéen de Puymorans, et l'extraction de minerais de fer très tendres de Lorraine.

Dans son application à la guerre, il n'a pas besoin d'être assoupli, car on lui demande surtout de la puissance et de la violence. Dans le chargement de l'obus qu'ils ont créé, qui



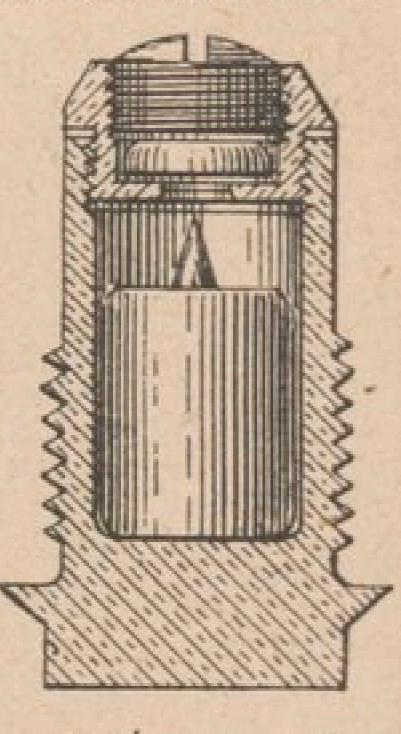
VUE EN COUPE DE L'OBUS A AIR LIQUIDE AVANT LE DÉPART DU COUP, AVEC SA FUSÉE PERCUTANTE ET SA FUSÉE A TEMPS

A, *culot;* A', *amorce du percuteur ;* B, *fusée percutante de sécurité avant le départ du coup ;* C, *masselotte ;* D, *tige du percuteur avant le départ du coup (position de sécurité, la pointe ne pouvant pas frapper l'amorce) ;* E, *tube enroulé en spirale de la fusée à temps (vu en coupe) ;* F, *tube de mise de feu faisant communiquer la fusée à temps avec l'amorce de fulminate ;* H, *matelas d'amiante ;* J, *ceinture ;* K, *bouchon fileté pour l'introduction de l'air liquide dans le projectile. (Il est percé à son centre d'un orifice capillaire de sécurité.)*

se fabrique aux usines Skoda, et dont la revue viennoise *Armee Zeitung* donne la description, les Autrichiens utilisent, comme corps combustible, un noir de fumée spécial. On apporte le projectile tout bourré dans la tranchée, dans la casemate ou sur le point du champ de bataille d'où il doit être lancé, et là seulement on y introduit la dose convenable d'oxygène liquide, lequel est produit sur place ou, en cas d'impossibilité, dans le lieu le plus voisin. Un personnel spécial, suffisamment nombreux, est chargé de cette manipulation supplémentaire, de sorte qu'elle ne nuit pas à la rapidité du tir.

Pour préparer l'oxygène liquide en partant de l'air liquide, c'est-à-dire pour le séparer de l'azote auquel il est nécessairement mélangé, on utilise la différence de volatilité des deux gaz. En effet, quand l'air liquide s'évapore, il se comporte littéralement comme un mélange d'alcool et d'eau, l'azote, plus volatil, jouant le rôle de l'alcool, s'évapore, de préférence, au début de l'opération. En conduisant convenablement celle-ci, il ne reste plus, finalement, que de l'oxygène plus ou moins pur dans le récipient.

La machine employée par les Autrichiens pour liquéfier l'air est le nouveau système Linde, de Munich, à compresseur compound, dont le mode d'action repose sur le refroidissement que subit le fluide lorsqu'il s'écoule d'une pression donnée à une pression inférieure, par suite de la production d'un travail intérieur. Ce refroidissement est, pour l'air, et à la température ordinaire, de 0°25 par 1 atmosphère de différence de pression, par conséquent trop faible pour pouvoir obtenir par un seul écoulement, même avec de très fortes différences de pression, la liquéfaction de l'air, laquelle, comme on le sait, ne peut se produire qu'au-dessous de sa température critique, qui est de —140°. A la pression atmosphérique, cette liquéfaction n'est même atteinte qu'à la température de —191°, température d'ébullition de l'air liquide. On accumule donc l'effet de plusieurs écoulements successifs en faisant servir chaque écoulement au refroidissement de l'air de l'écoulement suivant. Ce résultat est obtenu par l'application du principe du contre-courant, réalisé d'une façon parfaite au moyen de deux tuyaux concentriques très longs et enroulés en forme de spirale. L'air comprimé parcourt de haut en bas le tuyau intérieur du double serpentin vertical, s'écoule par une soupape placée à son extrémité inférieure à une pression plus basse et s'en retourne par l'espace annulaire ménagé entre les deux tuyaux intérieur et extérieur, en cédant à l'air comprimé, qui arrive par le tuyau intérieur, le froid produit par la détente. Par ce moyen, la température avant et après l'écoulement s'abaisse graduellement jusqu'à ce que la température de liquéfaction soit atteinte et qu'une partie de l'air qui s'écoule



FUSÉE PERCUTANTE MONTRANT LA POSITION DE LA MASSELOTTE APRÈS LE DÉPART DU COUP

La pointe du percuteur est dégagée.

se rassemble à l'état liquide dans le récipient adapté à l'extrémité inférieure de l'appareil.

La partie dite à contre-courant de la machine, ou appareil à contre-courant se compose de trois tuyaux concentriques en spirale. Le cycle parcouru par l'air, tel qu'il est décrit plus haut, est réalisé de la façon suivante : l'air, comprimé à 200 atmosphères, s'écoule de haut en bas dans le serpentin intérieur, se détend de 20 à 50 atmosphères, en traversant une première soupape (en bas du serpentin), puis retourne au compresseur par l'espace annulaire compris entre le tuyau intérieur et le tuyau médian pour être comprimé de nouveau à 200 atmosphères, et recommencer le même cycle. Immédiatement après la première soupape, il s'en trouve une deuxième par laquelle, en service normal, une quantité d'air égale à celle qui est amenée de l'atmosphère dans le cycle s'en va au dehors, à la pression atmosphérique. Une partie de cet air quitte la deuxième soupape à l'état liquide et se rassemble dans le récipient ; la partie non liquéfiée s'échappe dans l'atmosphère par le vide annulaire ménagé entre le serpentin médian et l'extérieur, et y abandonne son froid au fluide qui parcourt le chemin en sens inverse, c'est-à-dire en contre-courant (fig. p. 538).

La compression de l'air se fait par un premier compresseur, système compound, à haute pression, qui travaille avec injection d'eau, et par un deuxième à basse pression.

Le cylindre à haute pression du premier compresseur exécute le cycle fermé, qui est décrit plus haut, en prenant l'air de l'appareil à contre-courant à 50 atmosphères, le comprimant à 200 atmosphères et le reconduisant, en le faisant passer par un refroidisseur, à l'appareil à contre-courant. Le volume d'air qui entre continuellement de l'atmosphère dans le cycle est aspiré par le cylindre du deuxième compresseur à basse pression, comprimé à 4 atmosphères, puis à 50 atmosphères par le cylindre à basse pression du premier compresseur système compound et aspiré puissamment à cette pression par le cylindre à haute pression dudit premier compresseur avec l'air qui revient de l'appareil à contre-courant.

La production de la machine augmente de beaucoup si l'air comprimé est refroidi avant son entrée dans le contre-courant, soit au moyen d'un mélange réfrigérant — glace avec sel ou chlorure de calcium — soit par une machine à froid à ammoniaque.

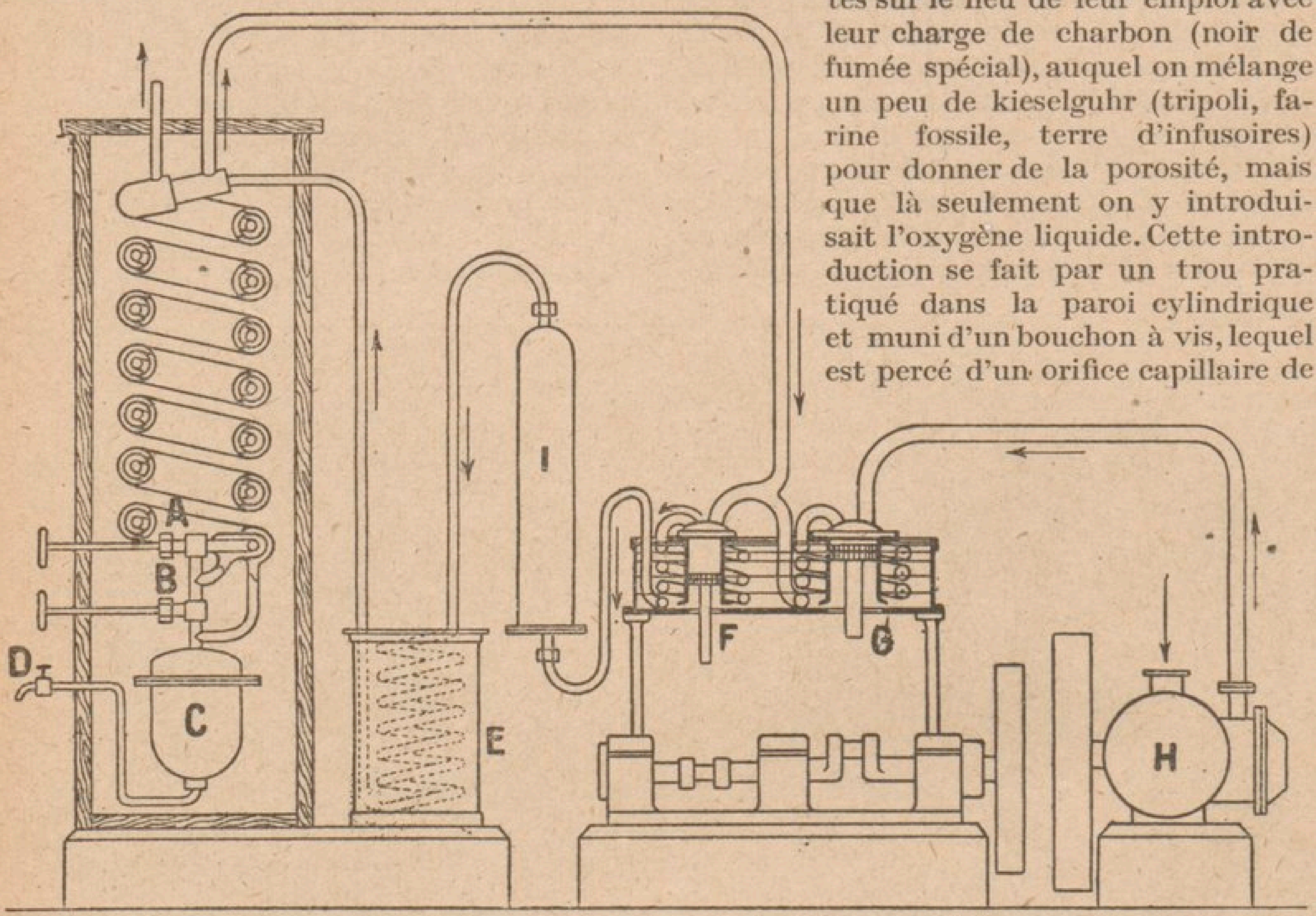
La dessiccation de l'air, qui est également très avantageuse, se fait après la dernière compression dans un cylindre sécheur au moyen du chlorure de calcium.

L'obus chargé en explosif à l'air liquide a la forme ordinaire ; un épais matelas en amiante ou en toute autre matière convenable mauvaise conductrice de la chaleur, est placé entre la charge et le culot ; il a pour but d'empêcher la chaleur provenant de la déflagration de la poudre de lancement de se communiquer audit explosif, circonstance qui serait susceptible de provoquer une explosion prématurée dans l'âme du canon.

PHOTOGRAPHIE MONTRANT LA BONNE FRAGMENTATION DES PROJECTILES A AIR LIQUIDE APRÈS LEUR ÉCLATEMENT

Les fragments d'acier provenant de la rupture de l'obus sont, comme il convient, ni trop gros ni trop petits.

Il est muni de deux fusées de culot : l'une « à temps », qui ne diffère pas des engins ordinaires de ce genre et qui se règle avant le départ du coup; l'autre, percutante et de sécurité. Cette dernière se compose d'une masselotte en plomb pouvant librement coulisser dans un logement ; en son centre,



NOUVELLE MACHINE DE LINDE (DE MUNICH) A COMPRESSEUR COMPOUND

Cette machine est utilisée aux usines Skoda (Autriche) pour la fabrication de l'air liquide destiné au chargement des obus.

A, *soupape que l'air, comprimé à 200 atmosphères et venant du serpentin intérieur, traverse en se détendant jusqu'à 20 à 50 atmosphères;* B, *deuxième soupape par laquelle, en régime normal, une quantité d'air égale à celle qui est amenée de l'atmosphère dans le cycle s'écoule à la pression atmosphérique (une partie de cet air quitte cette soupape à l'état liquide et se rassemble dans le récipient* C*) ;* D, *robinet pour évacuer l'air liquide du récipient* C*;* E, *refroidisseur ;* F, *cylindre à haute pression du premier compresseur système compound;* G, *cylindre à basse pression dudit compresseur compound;* H, *autre cylindre à basse pression aspirant l'air de l'atmosphère;* I, *appareil sécheur pour la dessiccation de l'air au moyen du chlorure de calcium.*

et suivant son axe, la tige du percuteur peut également coulisser, mais à frottement dur et seulement pour se déplacer d'arrière en avant, grâce à des encoches ou à un barbelé qui est pratiqué à sa surface. Avant le départ du coup, les deux organes sont placés de façon telle que la pointe du percuteur ne peut pas frapper la capsule, même dans le cas de choc ou de chute accidentelle de l'obus. Au moment du départ du coup, l'inertie lance la masselotte en arrière et dégage la pointe du percuteur. En touchant le but, par suite de l'arrêt subit du projectile, la masselotte et le percuteur continueront leur course en avant et la pointe de ce dernier ira frapper la capsule, provoquant l'explosion. Ce mode de percussion n'est pas spécial aux obus à air liquide.

Nous avons dit que les obus étaient apportés sur le lieu de leur emploi avec leur charge de charbon (noir de fumée spécial), auquel on mélange un peu de kieselguhr (tripoli, farine fossile, terre d'infusoires) pour donner de la porosité, mais que là seulement on y introduisait l'oxygène liquide. Cette introduction se fait par un trou pratiqué dans la paroi cylindrique et muni d'un bouchon à vis, lequel est percé d'un orifice capillaire de sécurité pour le dégagement du gaz oxygène provenant de l'évaporation continuelle et inévitable du liquide, car, s'il s'accumulait trop longtemps dans l'intérieur de l'engin, il en résulterait une pression telle qu'elle pourrait causer des accidents graves.

L'obus chargé doit être employé aussi rapidement que possible. Cependant, étant bien enveloppé dans d'épaisses couvertures de laine et mis dans un endroit frais, il peut, à la rigueur, être conservé pendant une ou même plusieurs heures.

LOUIS FIDULIN.

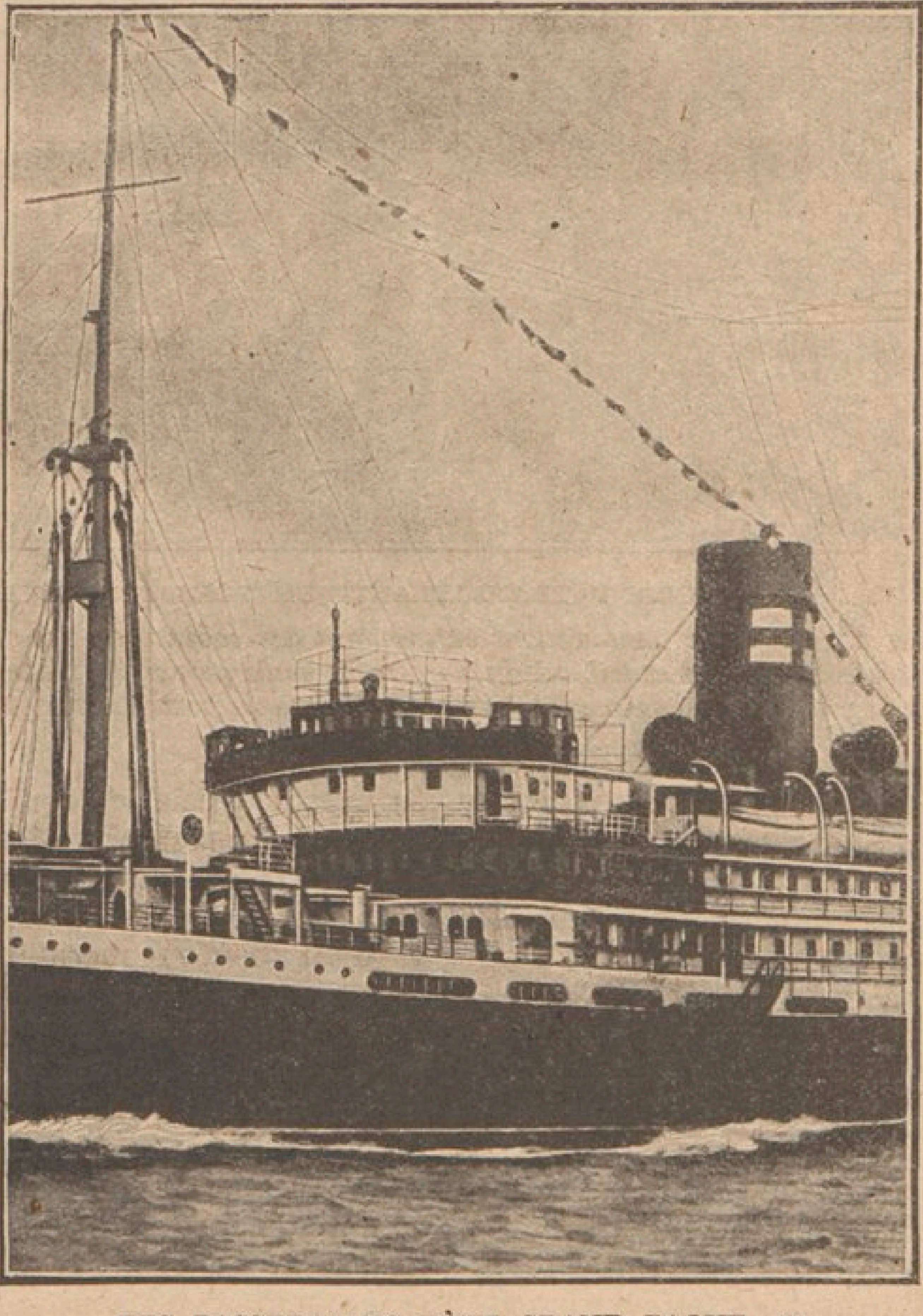
LES AMÉNAGEMENTS PERFECTIONNÉS DES PONTS ET PASSERELLES DE NAVIRES

Par François de BEAUCOURT

Toutes les personnes qui ont à faire de fréquents voyages sur mer se plaignent, avec raison, d'être forcées de se réfugier dans des salons privés d'air ou dans leurs cabines dès qu'il pleut violemment ou que le vent chasse vers le navire la crête des lames. Souvent aussi, les vagues sont tellement hautes qu'elles envahissent les ponts et les passerelles.

Sur les paquebots de luxe qui embarquent un grand nombre de passagers de première classe pour de longues traversées, les constructeurs se sont ingéniés, depuis quelque temps, à réaliser des agencements permettant de circuler ou de séjourner par tous les temps dans toutes les parties du vaste navire.

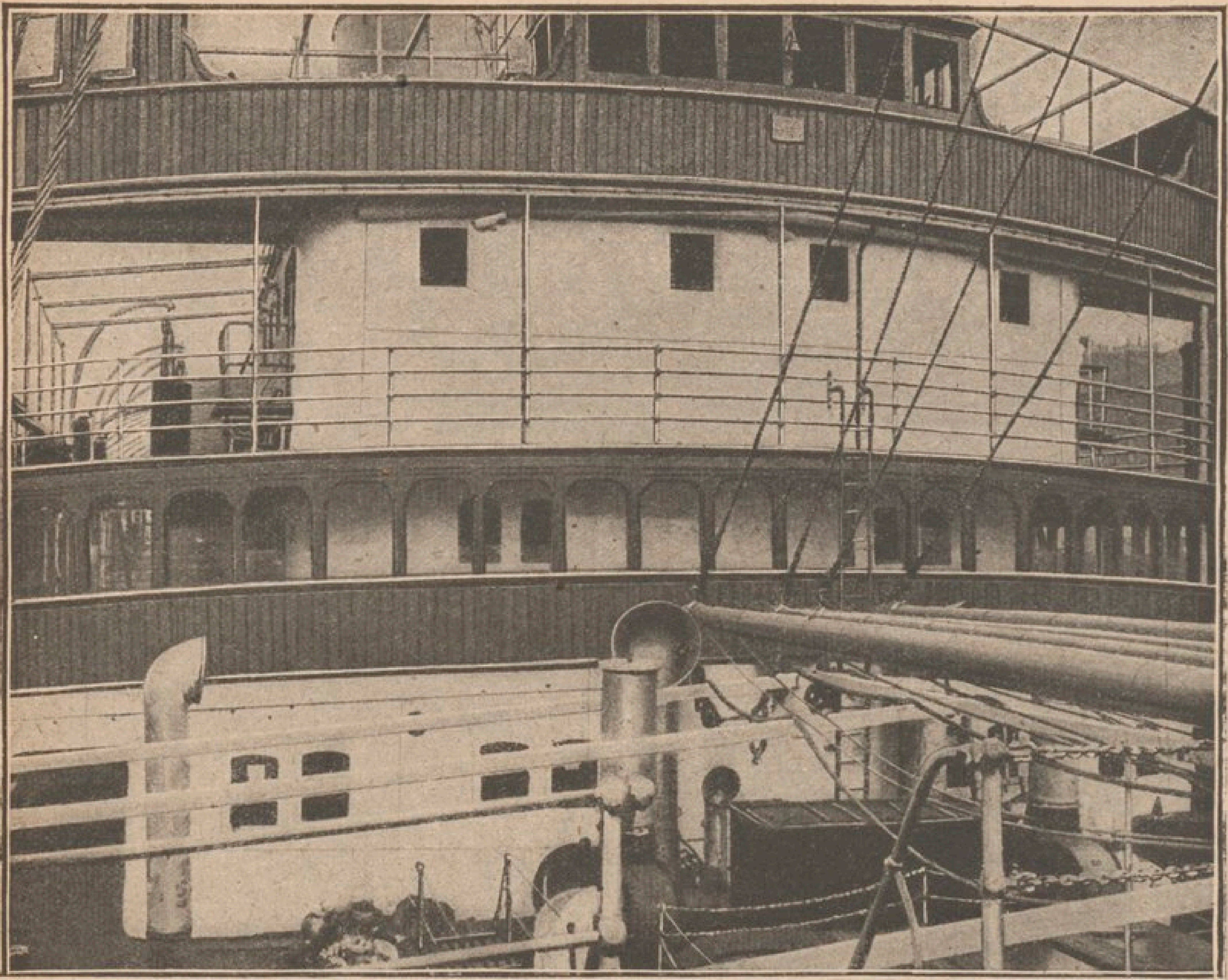
Quand on contemple un de ces palais flottants modernes, on est frappé de l'aspect tout différent qu'il présente par rapport aux anciens bateaux dont les ponts étaient à tous moments balayés par les lames. On aperçoit, au-dessus du pont principal inférieur, d'importantes superstructures métalliques soigneusement peintes en laqué blanc et percées de nombreuses baies vitrées munies de glaces mobiles de dimensions impressionnantes.



LES PASSERELLES D'UN GRAND PAQUEBOT

On voit comment les voyageurs et le personnel de quart sont défendus contre les conséquences des gros temps par des constructions solides munies de baies laissant la faculté d'aérer, dès qu'il est possible, les ponts et les chambres des officiers.

Dès que le vent s'élève et chasse vers les voyageurs assis dans leurs fauteuils la pluie ou les lames, on ferme toutes ces baies, et les passagers ne sont plus forcés de quitter le pont afin de se réfugier dans les fumoirs ou dans les salons. Malgré leurs vastes dimensions, ces salles ne peuvent abriter confortablement la foule qui s'y trouve subitement rassemblée, car on est naturellement obligé de fermer les hublots et de diminuer, par cette raison même, le renouvellement de l'air.



PASSERELLES D'UN GRAND TRANSATLANTIQUE VUES DE L'EXTÉRIEUR

En haut, se trouve la passerelle du commandant surmontant des cabines au-dessous desquelles on voit la passerelle reliant les côtés bâbord et tribord du pont-promenade principal. Cette passerelle est munie de glaces de protection, de même que la partie centrale du poste de commandement.

Les baies à glaces mobiles rendent donc de grands services aux armateurs, qui peuvent ainsi assurer à leur clientèle un séjour plus agréable sur leurs navires. Les constructeurs d'aménagements navals ont étudié ces fermetures de manière à les rendre très solides et rapidement manœuvrables par le personnel des garçons du bord. Les propriétaires de yachts apprécient également ces installations qui permettent d'obtenir un grand confortable sur des bateaux d'un tonnage relativement modeste.

La figure de la page précédente représente les aménagements du transatlantique espagnol *Principe de Asturias* appartenant à MM. Pinillos Izquierdo & Cª, construit en Ecosse, à Port Glasgow, et muni de glaces mobiles équilibrées, d'un système très ingénieux.

Les voitures de chemins de fer en Angleterre possèdent, depuis longtemps, des portières et des baies de côté fermées par des glaces épaisses encastrées dans des cadres de bronze spécial et équilibrées de manière telle qu'elles restent levées à la hauteur désirée par le voyageur, sans que ce dernier ait à les fixer au moyen d'une languette de cuir et d'un bouton métallique. Des installations analogues existent aussi en France.

La photographie ci-dessus et celle de la page 541 représentent l'extérieur et l'intérieur d'une passerelle du *Principe de Asturias* munie de glaces mobiles, et le dessin de la page 542 permet de se rendre immédiatement compte du fonctionnement très simple de ce dispositif. La glace, très épaisse, naturellement, pour en augmenter la résistance, glisse dans des rainures verticales et s'appuie par son bord inférieur sur le sommet d'un support formé de trois trapèzes articulés. Les extrémités des deux branches inférieures subissent l'action de ressorts horizontaux (Voir la moitié de droite de la figure page 542.) qui tendent à maintenir les trapèzes déployés et la glace fermée. Quand on veut abaisser

cette dernière, on appuie sur une poignée située dans le haut et l'on fixe la plaque de verre en exerçant sur elle une légère pression au moyen d'un petit volant à vis monté sur la traverse inférieure de la baie. Le mécanisme est caché par un panneau en bois, qui a été représenté partiellement arraché sur la photographie, de manière à montrer le fonctionnement des trapèzes à ressort, qui sont très ingénieusement combinés.

A l'heure du couvre-feu, les garçons parcourent rapidement les ponts et les passerelles en tournant les volants de desserrage des vitres ouvertes, et celles-ci se ferment immédiatement sous l'action des ressorts. En cas de grain subit, la fermeture des glaces mobiles s'obtient donc pour ainsi dire instantanément et les voyageurs peuvent y procéder eux-mêmes sans aucun effort particulier.

L'entretien des navires ainsi équipés est grandement facilité par l'adoption de ces fenêtres d'un maniement plus simple que les anciennes glaces à contrepoids qui ont fonctionné pendant un certain temps sur les voitures de certaines voies ferrées continentales.

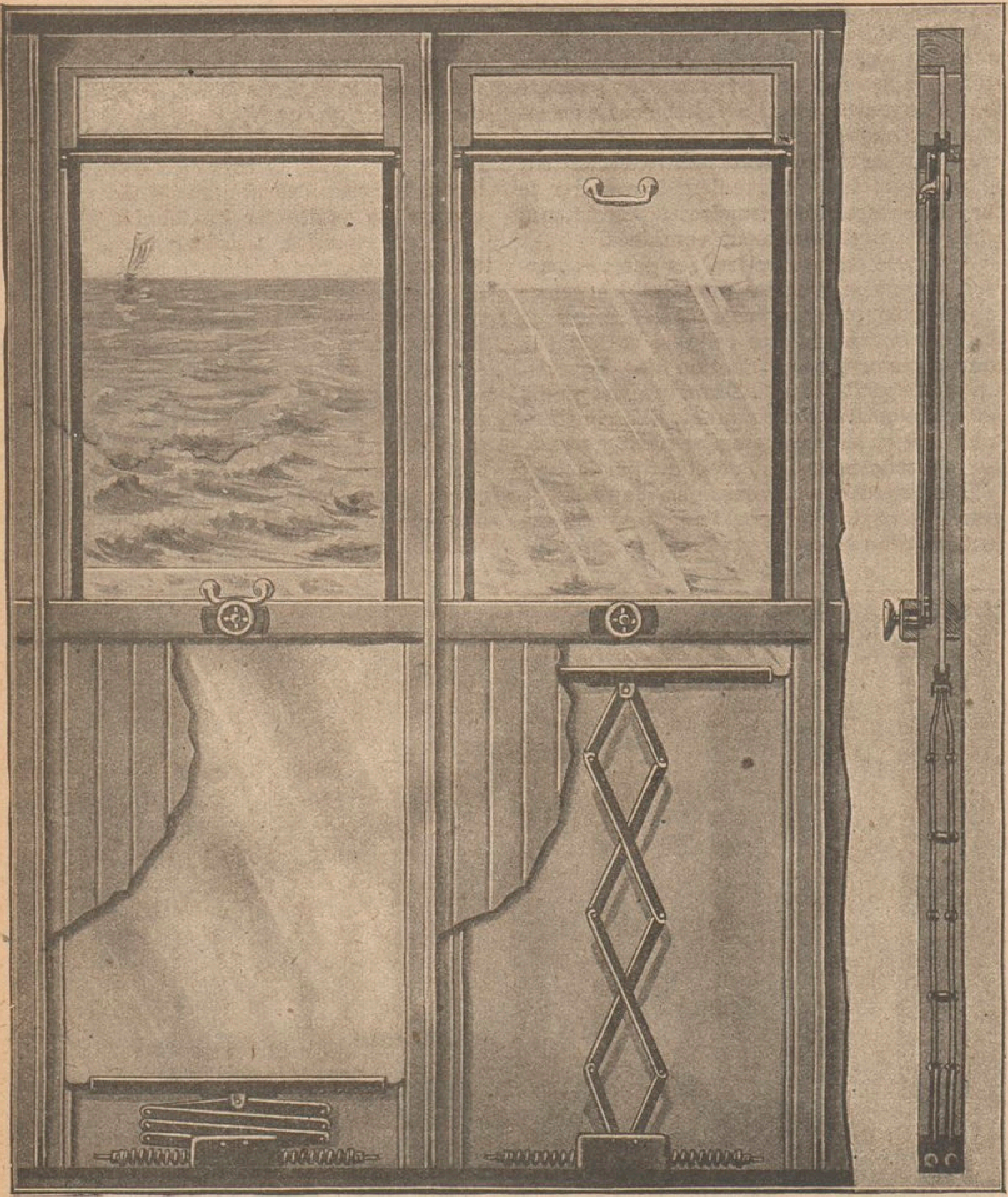
Les architectes navals ont donc à leur disposition un agencement pratique, élégant et d'un fonctionnement aussi sûr que rapide qui leur permet de concevoir les aménagements des ponts et des passerelles comme de véritables immeubles flottants.

Il est, en effet, très important que les frontons avant et arrière de la masse imposante constituée par les superstructures des paquebots puissent opposer aux coups de mer un obstacle infranchissable. Mais il est également indispensable de pouvoir aérer facilement les immenses espaces que renferment les murailles des transatlantiques modernes et de ne pas donner aux passagers l'impression qu'ils sont enfermés, comme des prisonniers, dans une cellule qui se déplace à la vitesse de 45 kilomètres à l'heure.

De plus, le personnel de quart ne peut

VUE INTÉRIEURE D'UNE NOUVELLE PASSERELLE DE PAQUEBOT

On voit ici une application des glaces mobiles équilibrées, avec relevage mécanique, à une passerelle du transatlantique espagnol « Principe de Asturias ». Les glaces extrêmes sont fermées, celles du milieu sont maintenues à des hauteurs variables par leurs volants de serrage.



COUPE EN ÉLÉVATION DE DEUX BAIES DE PASSERELLE A GLACES MOBILES

A droite, la baie est maintenue fermée par l'action des ressorts, qui s'exerce sur les branches inférieures de la série des trois parallélogrammes articulés servant de support à la glace; à gauche, la glace est abaissée et maintenue suffisamment serrée par son volant à vis.

garantir, par une attention de tous les instants, la sécurité d'un grand navire que s'il est protégé contre l'invasion des vagues dont la force de destruction est considérable. Autrefois, il n'était pas très rare de voir des lames pénétrer par l'avant d'un paquebot et sortir par l'arrière. Elles avaient, sur leur passage, brisé ou emporté une grande partie du matériel et des aménagements des ponts en blessant les officier et les matelots. Aujourd'hui, la chose n'est plus possible.

FRANÇOIS DE BEAUCOURT.

LA PRÉCISION EN MÉCANIQUE

Par Camille LIBERMONT
INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Le respect scrupuleux des cotes indiquées sur les dessins d'ateliers pour l'exécution des pièces mécaniques est devenu une nécessité depuis que la majeure partie des constructeurs travaillent pour les services de la marine et de l'artillerie.

Les dessins de canons et d'obus prévoient une précision dépassant souvent le centième de millimètre et toute pièce ne satisfaisant pas d'une manière rigoureuse aux exigences des cahiers des charges est impitoyablement refusée par les contrôleurs installés à demeure dans les usines et fabriques.

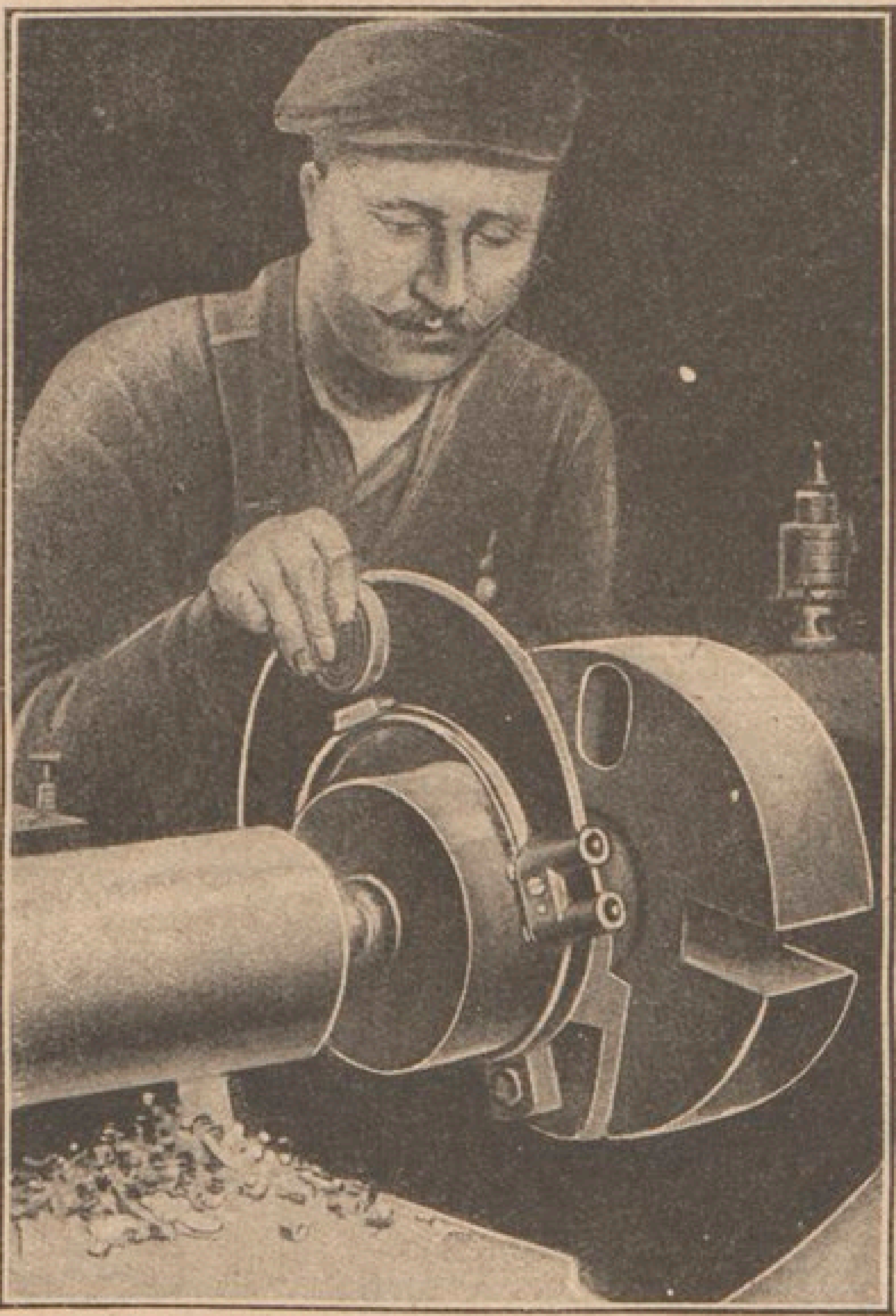
Les industriels qui se consacrent spécialement à la mécanique ont également un intérêt personnel à travailler d'une manière très précise, non pas seulement en vue de pouvoir fournir l'Artillerie et la Marine, mais afin de réaliser de sérieuses économies dans la fabrication des pièces dont l'usinage parfait leur est confié.

En effet, l'interchangeabilité des éléments de machines, que l'on exigera de plus en plus, même pour les appareils les plus courants, ne peut être assurée d'une façon absolue que dans les usines qui travaillent avec une réelle précision, sans se tenir à l'à peu près.

Parmi les pièces utilisées dans une machine construite au moyen de machines-outils actionnées mécaniquement, on distingue des surfaces restant *brutes* et des surfaces *usinées*, qui ne sont pas assemblées avec d'autres ou qui sont, au contraire, assemblées avec d'autres, c'est-à-dire *ajustées*.

Quand il s'agit de surfaces simplement usinées sans assemblage, on peut se contenter de mesures à traits telles que : règles graduées, pieds à coulisse (voir page suivante), palmers (voir même page), ou micromètres, compas flexibles, broches d'acier ordinaires. La lecture des dimensions indiquées par ces divers instruments de mesure est souvent pénible pour l'ouvrier, qui tâtonne en perdant du temps ou qui commet des erreurs, et enfin qui travaille avec une précision souvent trop approximative.

Il ne saurait donc être question d'adopter ce mode d'usinage, quand il s'agit de surfaces ajustées. Cependant, les parties ajustées des pièces assemblées doivent être usinées avec des précisions très différentes, suivant les fonctions que les assemblages doivent remplir dans les mécanismes plus ou moins compliqués dont ils font partie.



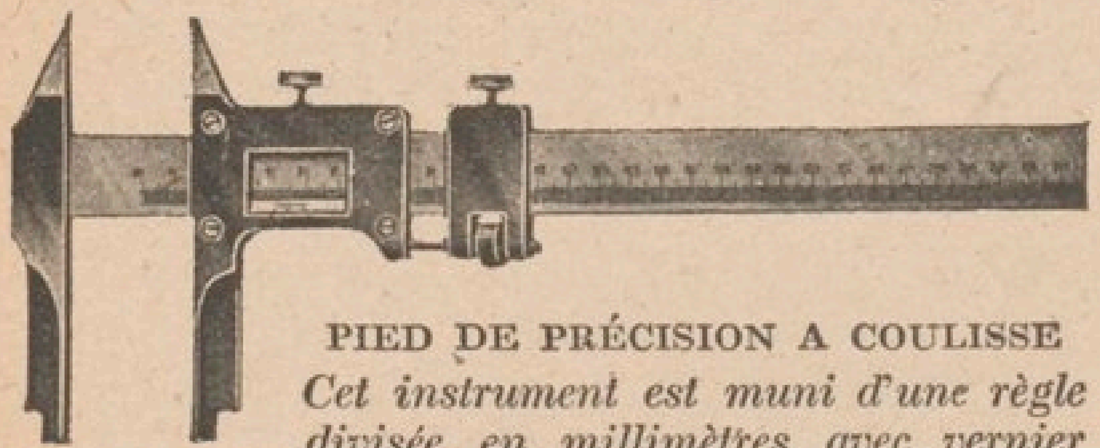
OUVRIER TOURNEUR TRAVAILLANT AU CALIBRE-LIMITE

Le travail consiste à tourner une barre ronde avec une grande précision. Vers la fin de l'opération, le tourneur présente le calibre sur la barre pour constater si le diamètre de cette dernière est compris entre les cotes de tolérance maximum et minimum admises par le client et indiquées par le calibre.

On tolère, par rapport aux dimensions indiquées par les dessins, des écarts en plus qui constituent le *jeu* dans les assemblages mobiles et des différences en moins, qui

donnent lieu, au contraire, à un *serrage* très étroit dans les assemblages fixes.

Les jeux sont de grande importance pour le libre mouvement de certains organes, tels que les bielles, et en général toutes les pièces animées de mouvements de rotation ou de translation par rapport à d'autres. Aussi les dessins mentionnent-ils généralement les jeux par des différences de cotes, indiquées, par exemple, pour le maneton d'une manivelle de locomotive et pour l'œil de la bielle qui doit l'actionner.



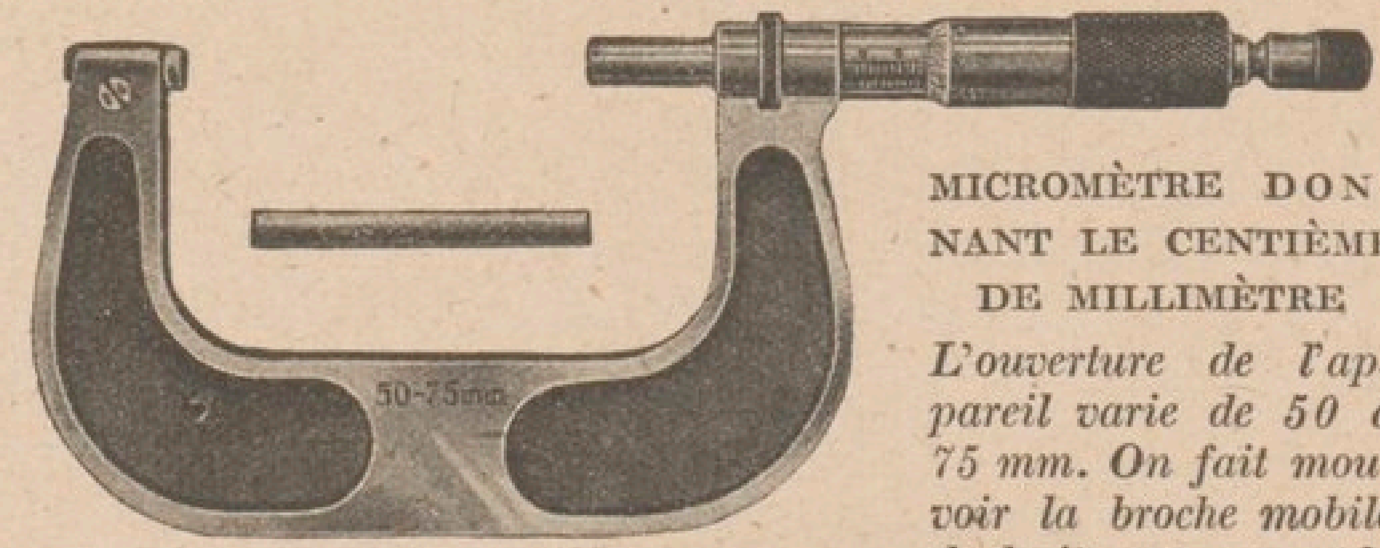
PIED DE PRÉCISION A COULISSE

Cet instrument est muni d'une règle divisée en millimètres avec vernier donnant le dixième de millimètre. Les branches inférieures servent à mesurer les dimensions extérieures ou intérieures des pièces, tandis que les becs supérieurs permettent de reporter des longueurs avec précision.

Des jeux de cet ordre sont nécessaires pour parer aux dilatations qui se produisent sous l'influence de la chaleur dégagée par le frottement de certains organes. Ils répondent également à des déformations inhérentes à la marche des machines, et, enfin, ils permettent d'assurer une certaine liberté de fonctionnement à des pièces dont la température s'élèverait sans cela au point de donner lieu à des grippages d'articulations et même à des soudages complets.

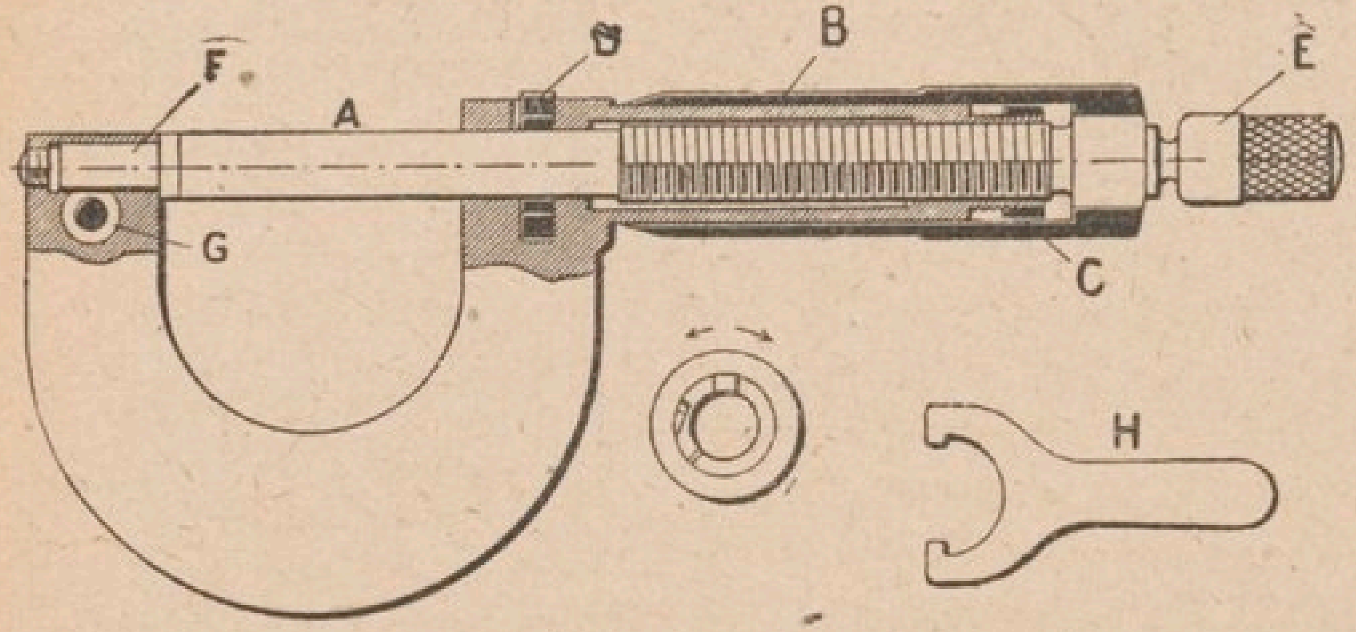
La non-observation d'un jeu suffisant pour permettre certains mouvements de translation ou de rotation a également le grave inconvénient d'empêcher l'huile de graissage de se répandre sur les surfaces. Enfin, si certaines pièces fixes ne présentent pas un jeu suffisant, on ne peut pas réaliser le serrage qui doit assurer leur fixation dans des positions variables, suivant leur emploi.

Dans le cas des jeux de fonctionnement, on peut tolérer pour l'exécution des pièces l'emploi de palmers réglés sur des broches-étalons ou des broches mobiles réglées également sur les mêmes broches-étalons, par l'intermédiaire d'un palmer ou d'un comparateur fixe, qui est un appareil de mesure relativement compliqué. D'ailleurs, le palmer et la broche mobile sont des instruments délicats qui se dérèglent facilement en service courant ; aussi doit-on les employer seulement quand il s'agit de pièces de grandes dimensions.



MICROMÈTRE DONNANT LE CENTIÈME DE MILLIMÈTRE

L'ouverture de l'appareil varie de 50 à 75 mm. On fait mouvoir la broche mobile de droite en tournant la molette de la douille. La broche de gauche est fixe. Au milieu est représenté un calibre étalon de 50 mm. de longueur.



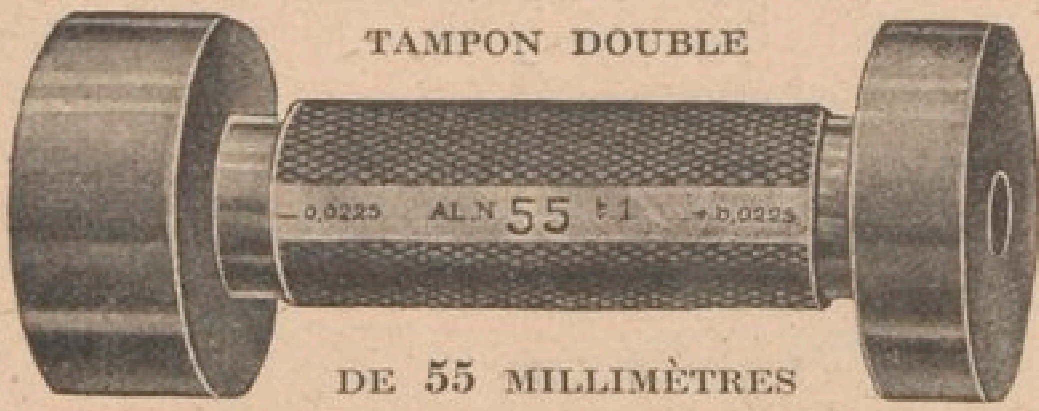
MÉCANISME INTÉRIEUR D'UN MICROMÈTRE

La broche A, *en acier extra dur, porte un filetage micrométrique tel que deux tours complets de la vis représentent une course longitudinale de 1 mm de l'extrémité de la broche. La douille tournante* B, *divisée en cinquante parties égales, permet de mesurer le centième de millimètre. L'écrou* C *permet de rattraper le jeu du filet au moyen de la clé* H. *On peut bloquer la broche* A *dans une position quelconque en agissant sur l'écrou de blocage* D. *Le bouton à friction* E *a pour but de régler la pression de la broche sur la pièce à mesurer. La broche fixe* F, *sur laquelle vient buter la broche mobile, est fixée par la vis de serrage* G.

Au contraire, les jeux de graissage ou les serrages de positions variables ne peuvent être pratiquement cotés sur les dessins, qui seraient alors trop compliqués, et l'on perdrait un temps considérable pour effectuer convenablement le réglage indispensable des appareils de mesure.

Enfin, les instruments de mesure à traits, énumérés plus haut : règles graduées, pieds à coulisse, etc., ne permettent pas l'évaluation directe des jeux ni des serrages, et leur emploi occasionne des difficultés dans la réalisation des assemblages. Non seulement l'interchangeabilité des pièces n'est pas assurée, mais l'ouvrier n'a aucune marge pour l'exécu-

tion de son travail qui est laissée à son appréciation, variable suivant la nature de son caractère et le degré de perfection de sa vue. Une pièce ne peut être terminée, le plus souvent, qu'après le finissage de celle qui doit s'ajuster avec elle, d'où une perte de temps. Le travail à la main qui reste à effectuer avant le montage est très important, et comme il exige d'habiles ajusteurs, il entraîne des frais élevés. Il est à peu près impossible de vérifier les pièces ainsi obtenues, ce qui donne lieu à des discussions fréquentes entre les ouvriers et les contrôleurs opérant pour le compte de l'usine ou des clients. Nous ferons remarquer enfin que l'on n'est jamais sûr que les rechanges fournies pourront être montées à la place des pièces usées ou brisées en service, sans qu'il soit nécessaire de démonter des organes importants à l'atelier, ce qui entraîne des frais considérables. On voit donc que l'emploi des instruments de mesure ordinaires est devenu impossible pour de multiples raisons. Il l'est encore plus dans les usines travaillant pour la Guerre, où les ouvriers et les contrôleurs ont à effectuer d'innombrables vérifications qui doivent pouvoir être confiées à des femmes.



TAMPON DOUBLE DE 55 MILLIMÈTRES

Cet instrument sert à vérifier des diamètres intérieurs. Les deux cylindres, tournés avec une extrême précision, sont successivement introduits à l'intérieur de la pièce à vérifier. La tête de gauche, qui est inférieure de 0 mm. 0225 à la cote normale, ne passe pas dans le trou si ce dernier est trop petit. La tête de droite, qui est supérieure de 0 mm. 0225 à la cote normale, passe trop facilement dans le trou si celui-ci est trop grand.

On a donc été ainsi amené à chercher un système de mesurage permettant d'usiner séparément les éléments mécaniques devant constituer un même assemblage, tout en tolérant une certaine marge dans leur exécution. La présentation ultérieure des diverses pièces donne donc sans tâtonnements, ni rectification aucune, l'assemblage désiré.

On a été ainsi conduit à classer les divers assemblages en faisant entrer en ligne de compte, pour chacun d'eux, le jeu ou le serrage moyen à réaliser entre les pièces, suivant la nature de leur fonctionnement. D'autre part, on accorde des limites d'exécution pour chacune des pièces faisant partie d'un même assemblage, de telle manière que le jeu ou que le serrage moyen désiré soit réalisé par toutes les pièces exécutées entre ces limites.

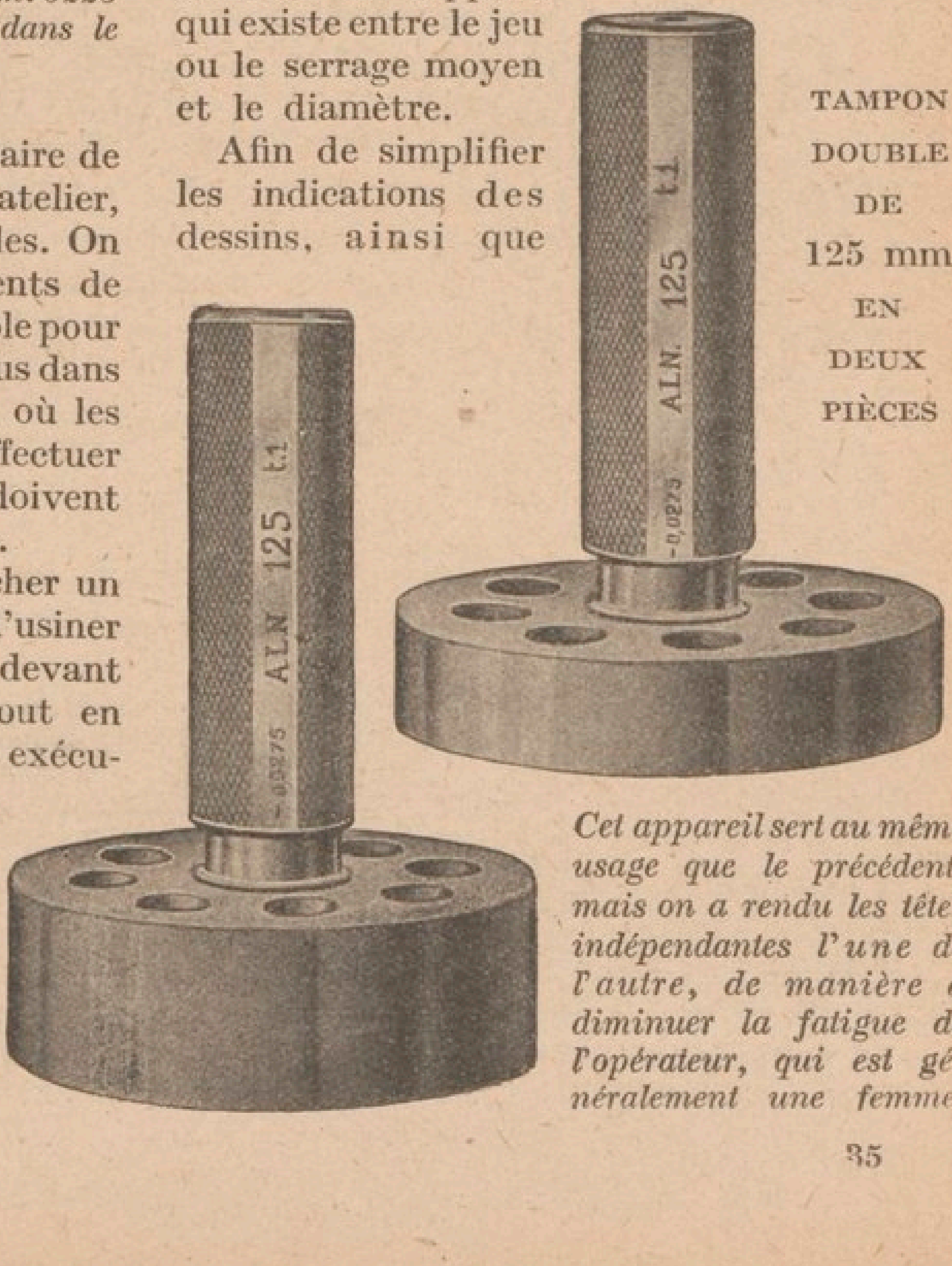
On a donné à ce mode de travail, qui s'est généralisé, le nom de *système à limites*.

Afin de rendre plus facile et plus clair à expliquer aux ouvriers le mode d'emploi de ce système, on a établi un classement des assemblages. On peut admettre, en effet, que le nombre des classes d'assemblages est infini, suivant les cas considérés et d'après le degré de précision donné par les machines-outils employées. On a pu néanmoins établir un classement rationnel basé sur la considération du rapport qui existe entre le jeu ou le serrage moyen et le diamètre.

Afin de simplifier les indications des dessins, ainsi que

TAMPON DOUBLE DE 125 MILLIMÈTRES

Ce tampon, construit en une seule pièce, permet de vérifier des trous d'un diamètre de 125 mm. Les évidements qu'on remarque dans l'épaisseur des disques, servent à diminuer le poids de l'appareil.

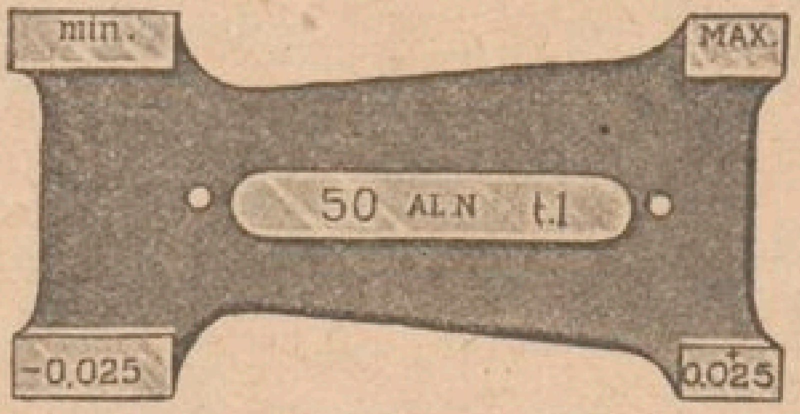


TAMPON DOUBLE DE 125 mm EN DEUX PIÈCES

Cet appareil sert au même usage que le précédent, mais on a rendu les têtes indépendantes l'une de l'autre, de manière à diminuer la fatigue de l'opérateur, qui est généralement une femme.

l'exécution du travail d'atelier, on s'est arrêté, dans la pratique, à un certain nombre de classes définies par les appellations suivantes, bien connues dans l'industrie :

Libre, tournant, glissant, exact (cote pour cote), *bloqué* ou *fixe dur, à la presse, emmanché à chaud.*

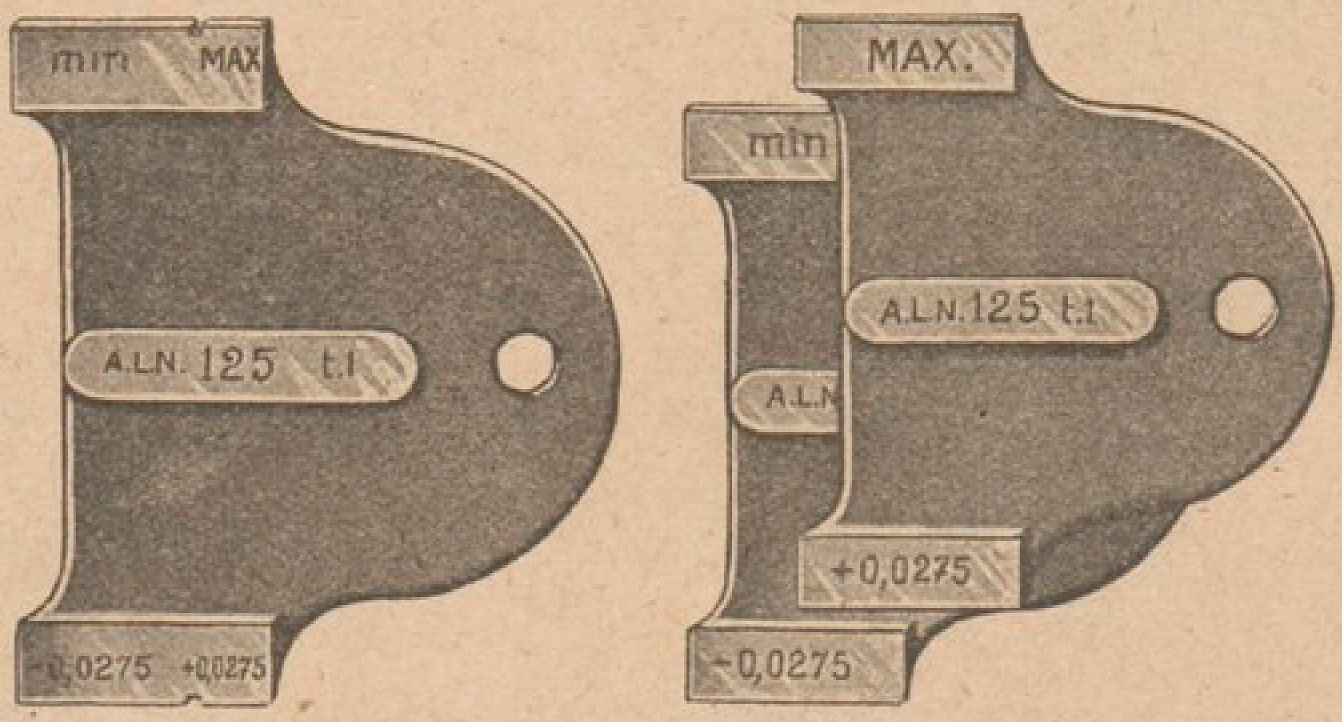


JAUGE PLATE DOUBLE DE 50 MM

Comme l'indiquent les inscriptions gravées sur l'instrument, la partie de gauche correspond aux cotes faibles et la partie de droite aux cotes fortes.

Ces désignations, qui indiquent clairement leur but, comprennent tous les genres d'ajustages se présentant soit dans la mécanique courante, soit dans la mécanique de précision, qu'il s'agisse de travail par pièce unitaire ou de méthode en série. Le plus souvent, on trouve ces divers types d'assemblage appliqués simultanément dans un appareil de mécanique quelconque.

Pour la réalisation des limites d'exécution, on a été amené à établir des calibres fixes à doubles branches donnant l'un une cote supérieure, l'autre une cote inférieure à la dimension réelle de chaque pièce. Les assemblages désirés sont ainsi obtenus par toutes les pièces exécutées entre ces limites.

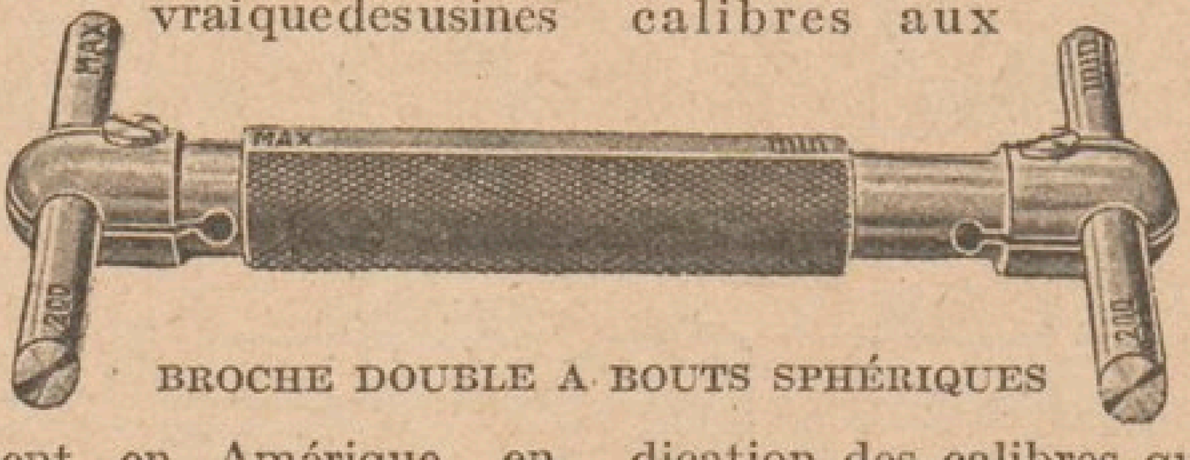


JAUGES PLATES DOUBLES DE 125 MILLIMÈTRES

La jauge de gauche est en une seule pièce, c'est-à-dire qu'elle donne à la fois le maximum et le minimum ; celle de droite comporte une pièce pour le minimum et une pour le maximum.

C'est ce que l'on appelle les *calibres à limites* ou *à tolérances*, et leur emploi constitue une méthode de travail usuel dite *système à limites*.

Le seul inconvénient de ce mode de travail est que les industriels sont obligés d'acheter au dehors les calibres qui leur sont nécessaires. Il est vrai que des usines spéciales, très bien agencées, se sont établies en France pour fabriquer ce genre d'appareils que l'on se procurait autrefois à l'étranger, notamment en Amérique, en Suède et aussi, hélas! en Allemagne.



BROCHE DOUBLE A BOUTS SPHÉRIQUES

Il est inutile de dire que les calibres nécessaires à l'application du système à limites doivent être fabriqués avec un soin extraordinaire et une extrême précision.

En principe, on trouve chez les fabricants spécialistes six séries de calibres courants permettant la réalisation des six classes principales d'assemblages énumérées plus haut et qui peuvent convenir parfaitement dans la majorité des cas qui se présentent dans la pratique.

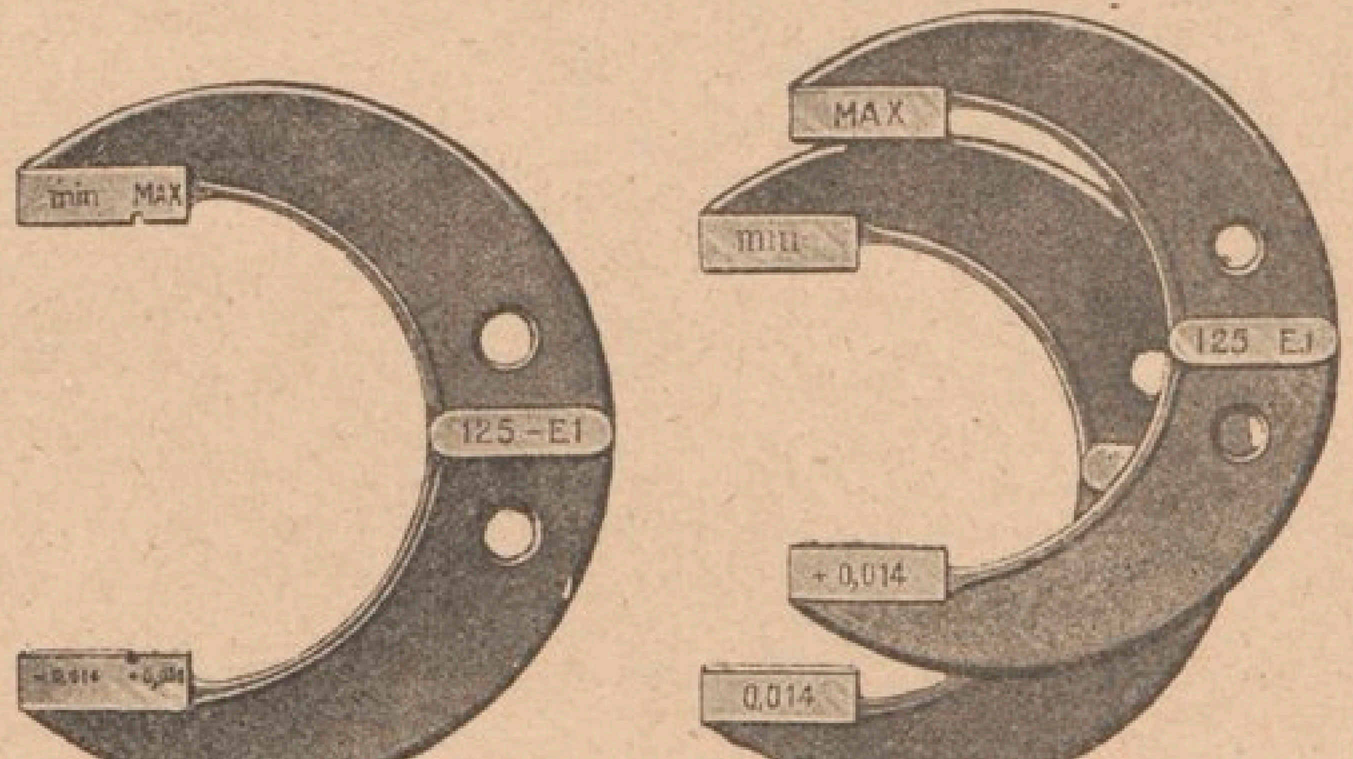
On a cherché à établir des lois reliant, d'une part, les jeux ou les serrages moyens, ainsi que leurs limites pratiques d'exécution, et, d'autre part, les diamètres dans les divers assemblages dont la réalisation se présente généralement.

Le graphique que nous publions (page 548) fournit une représentation très commode de la variation des jeux et des serrages moyens et de leurs deux limites pratiques d'exécution, rapportées aux diamètres à l'échelle de mille pour un. Les courbes servent pour les cinq séries d'assemblages dont il a été question plus haut, à savoir :

Libre (L 1), tournant (T 1), glissant (G 1), exact (E 1), bloqué (B 1), à la presse (P 1).

Les indications *L 1, T 1, G 1, E 1, B 1, P 1,* c'est-à-dire : *libre, tournant, glissant, exact, bloqué* ou *presse*, qui sont portées sur les plans d'ateliers après examen des assemblages désirés, rendent très facile et exempte de toute erreur la délivrance des calibres aux ouvriers par le magasin d'outillage. Dans la plupart des usines, les bureaux d'études complètent les plans qu'ils établissent par l'indication des calibres que l'atelier doit employer pour la fabrication des pièces correspondantes. Cette manière de procéder présente un grand avantage dans la prati-

que. Elle évite, notamment, toute hésitation et toute perte de temps de la part de l'ouvrier, et elle supprime toute contestation entre l'atelier et le bureau des études. En même temps, on obtient ainsi une mise au point rapide des ajustages à réaliser pour arriver au meilleur fonctionnement des appareils.



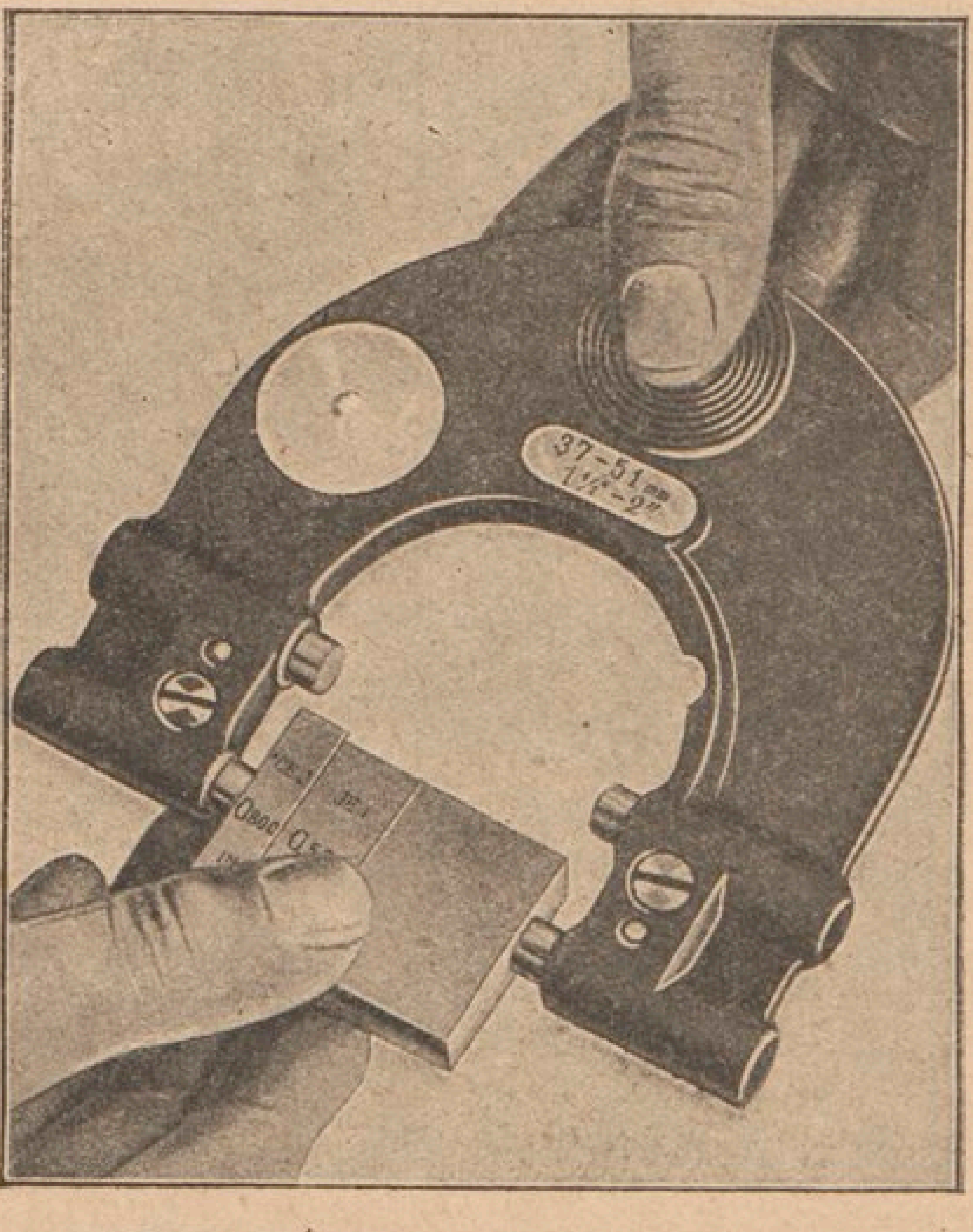
CALIBRES-MACHOIRES DOUBLES DE 125 MILLIMÈTRES

La lettre E 1 *indique que ce calibre permet d'obtenir un ajustage « exact ». L'instrument représenté à gauche donne à la fois le maximum et le minimum ; celui de droite est en deux pièces.*

Quand il s'agit d'alésages, on adopte le plus fréquemment le système dit de l'*alésage normal*, dont la commodité résulte de l'unité de réglage des alésoirs. En effet, dans ce système, quel que soit le genre d'ajustage envisagé, l'alésage reste constant pour une même dimension. La variation du jeu ou du serrage, pour les différents genres d'ajustage, est obtenue dans ce cas par la seule variation de la pièce mâle. Les alésages, pour lesquels on adopte généralement des cotes rondes ou normales, peuvent ainsi être obtenus avec une série unique d'alésoirs réglés à l'aide d'une série de bagues décrites page 549.

Certains constructeurs préfèrent employer le système de l'*axe normal*, dans lequel la variation du jeu ou du serrage ne porte que sur les alésages. On utilise alors, pour la vérification des axes, une série de calibres-mâchoires doubles « *exact* » (E 1 ou E 2, suivant la précision désirée). Pour la vérification des alésages, les spécialistes fournissent des cylindres tournés avec beaucoup de soin, appelés *tampons doubles*, qui correspondent à un ajustage quelconque dans ce système.

L'atelier se fera donc délivrer par le magasin une seule série de tampons doubles (t. 1 ou t. 2, suivant la précision voulue) dans le cas du système de l'alésage normal, et six séries de calibres-mâchoires doubles ; les premiers serviront pour la mesure des parties creuses ou alésées, et les secondes pour celle des parties pleines correspondant exactement aux six types d'assemblages envisagés.



OUVRIER VÉRIFIANT UN CALIBRE-LIMITE

Pour mesurer les évidements tels que les mortaises, etc., où un tampon ne pourrait pénétrer, on a établi des séries de *jauges plates doubles* ayant les mêmes dimensions, et correspondant également aux mêmes tolérances que la série des tampons doubles.

Les tampons doubles, série T 1 *(alésage normal, Al. N.)* sont, en général, au nombre de huit et leur diamètre varie de 6 à 150 millimètres par sauts de 5, 20 et 25 millimètres. On les emploie pour les alésages ou évidements de 6 à 150 millimètres et pour leur vérification ainsi que pour les trois genres d'assemblages indiqués plus haut : *libre, tournant, presse*.

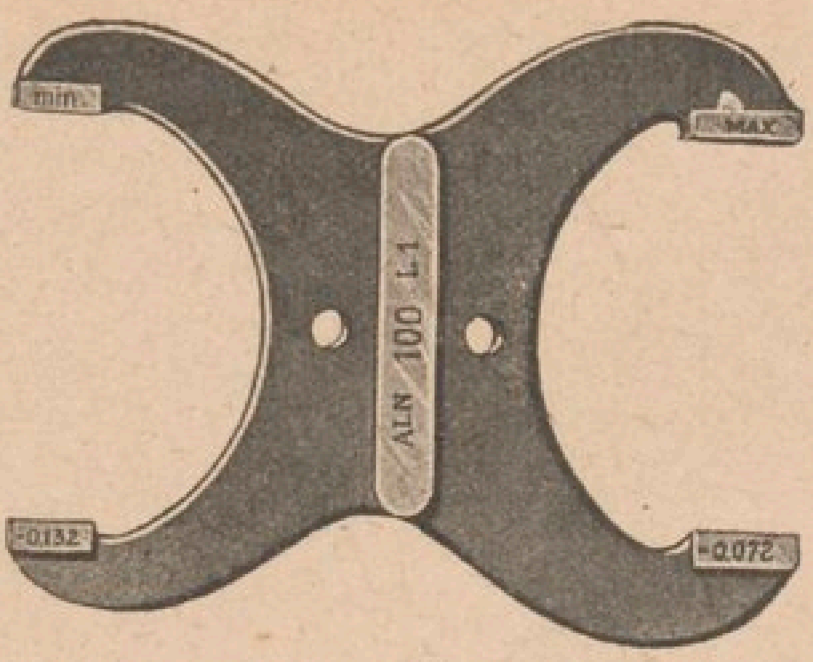
Les huit tampons doubles de la série t. 2 *(alésage normal Al. N.)* sont établis dans les mêmes conditions pour les alésages ou

évidements de 6 à 150 mm et pour leur vérification, ainsi que pour les assemblages dénommés : *glissant, exact, bloqué.*

Les calibres-mâchoires doubles de la série L 1 *(libre)* servent pour les mouvements de mécanique courante demandant une certaine liberté d'allure, tels que : distributions de vapeur pour locomotives ou locomobiles, articulations, renvois, etc.

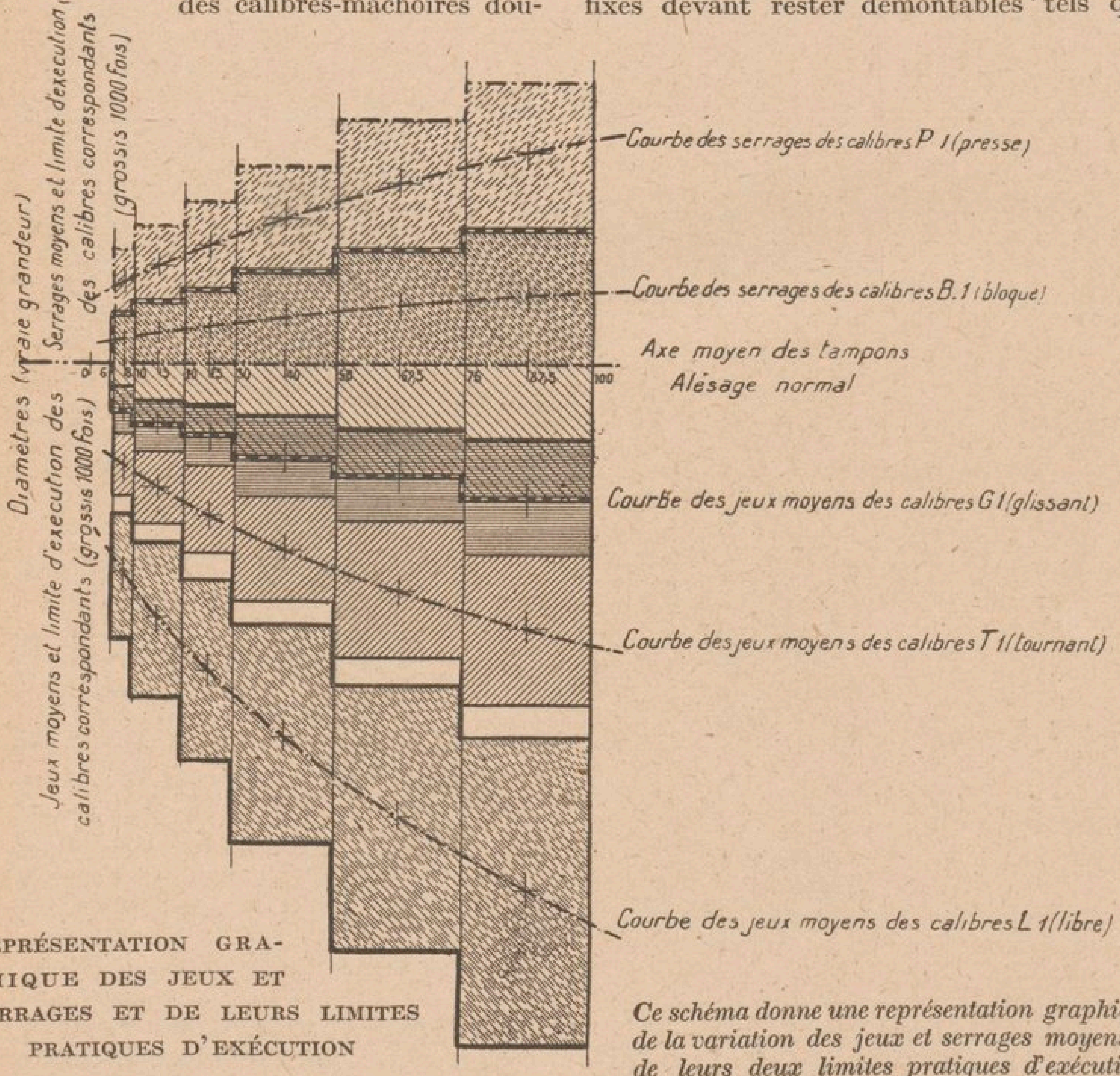
On emploiera la série T1 *(tournant)* pour les articulations de mécanique soignée : axes, chapes, lignes d'arbres sur paliers, mouvements de distribution de machines fixes, automobiles et certains appareils assez délicats. L'atelier se fera délivrer des calibres-mâchoires doubles, série G 1 *(glissant)* quand il aura à exécuter des pièces devant glisser dans leur logement sans tourner, tels que : tiges de soupapes ou de pompes, couronnes extérieures de roulement, segments, poulies clavetées ou encore des pièces à rotation de très grande précision.

Les calibres-mâchoires doubles de la série E 1 *(exact* ou *cote pour cote)* conviendront pour les assemblages fixes qui doivent pouvoir être démontés facilement, notamment pour les pièces mises en place au manche de marteau, telles que poulies de faibles diamètres ou couronnes intérieures de roulements à billes. La série B1 *(bloqué)* servira pour les assemblages fixes devant rester démontables tels que



CALIBRES-MACHOIRES DOUBLES DE 100 MILLIMÈTRES

Comme l'indique l'indice L1, le calibre correspond à un ajustage « libre ».

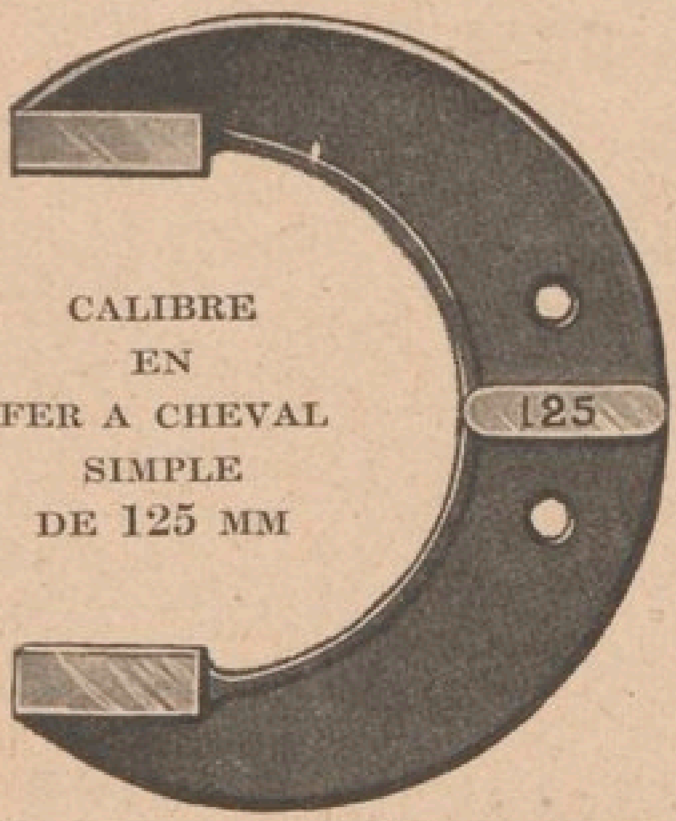


REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES JEUX ET SERRAGES ET DE LEURS LIMITES PRATIQUES D'EXÉCUTION

Ce schéma donne une représentation graphique de la variation des jeux et serrages moyens et de leurs deux limites pratiques d'exécution, rapportées aux diamètres, à l'échelle de mille pour un, et pour les cinq séries d'assemblages suivants : L 1 *(libre)*, T 1 *(tournant)*, G 1 *(glissant)*, B 1 *(bloqué)*, P 1 *(à la presse).*

les pièces chassées en place par un moyen mécanique mais à faible pression : clavetages, manchons de vidage, portées de volants.

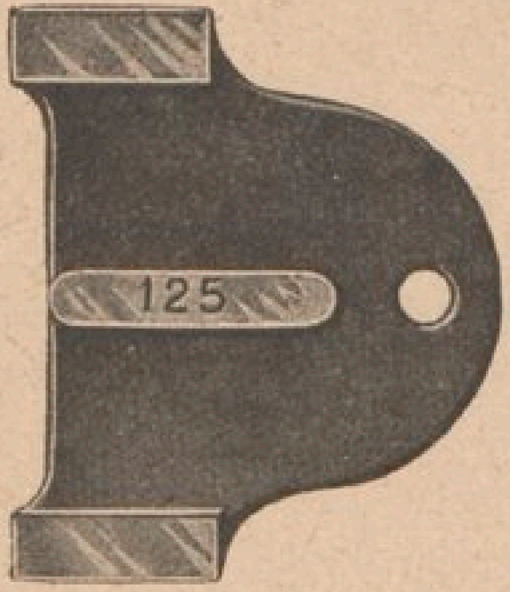
Enfin, les calibres marqués P 1 *(presse)* correspondent aux pièces emmanchées à la presse à froid telles que bagues, couronnes dentées, portées de grands volants, roues calées, roues et poulies non clavetées, etc.



CALIBRE EN FER A CHEVAL SIMPLE DE 125 MM

Tous les calibres précédents s'appliquent aux pièces de 6 à 150 millimètres pour lesquelles le magasin sera approvisionné de tampons doubles, de jauges plates ou calibres-mâchoires à deux touches. Au-dessus de 150 millimètres, il faudra employer des broches doubles à bouts sphériques pour les alésages et des fers à cheval pour les pièces pleines forgées ou travaillées à la machine.

Indépendamment des tampons, des jauges plates et des calibres-mâchoires qu'il est indispensable d'avoir en *double exemplaire* (pour l'atelier et pour le service du contrôle), toute usine moderne de mécanique doit posséder, en outre : des *bagues* pour le réglage des alésoirs, des *disques-références*, les *broches* nécessaires pour régler les palmers, et enfin une série de calibres-mâchoires doubles pour l'*ébauchage* en série.



CALIBRE PLAT SIMPLE DE 125 MILLIMÈTRES

En somme, un atelier bien monté aura en double l'outillage suivant : I. *Calibres à limites*. II. *Calibres normaux*. III. *Outillage de réglage* des appareils de mesure. IV. *Calibres de filetage*.

Les *calibres à limites* comprendront les instruments suivants : tampons doubles pour alésages normaux pour diamètres de 4 à 200 millimètres ; jauges plates doubles pour évidements et alésages normaux pour diamètres de 4 à 300 millimètres ; broches doubles à bouts sphériques pour diamètres de 100 à 500 millimètres ; calibres-mâchoires doubles pour diamètres de 4 à 300 millimètres.

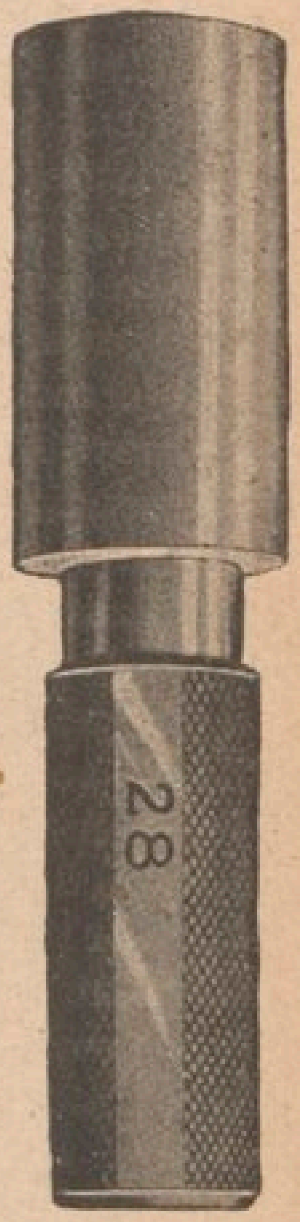
Les tampons doubles de 4 à 80 millimètres sont en une seule pièce. De 81 à 100 millimètres, ils sont en une seule pièce allégée par des trous avec manche rapporté ajusté à la presse. De 101 à 200 millimètres, on les fait en une ou en deux pièces allégées avec manches rapportés ajustés à la presse.

Les jauges plates peuvent être faites en deux pièces à partir de 100 millimètres.

Les broches doubles, employées pour le contrôle des alésages de grandes dimensions, ont à leurs extrémités une partie sphérique dont le diamètre correspond à leur longueur ; elles sont réunies entre elles par une poignée amovible, et leurs tolérances sont celles des tampons doubles.

Les calibres-mâchoires doubles sont divisés en six classes dont cinq de douze diamètres et une de sept diamètres, permettant d'obtenir avec l'alésage normal les six ajustages suivants : *Libre*, L 1 ; *Tournant*, T 1 ; *Glissant*, G 1 ; *Exact* (cote pour cote), E 1 ; *Bloqué* (fixe dur), B 1 ; *A la Presse*, P 1.

Les calibres normaux comportent des jeux de *bagues* et de *tampons simples*, de *calibres plats* et de *calibres fer à cheval simples*, de 100 à 150 millimètres ou de broches simples à bouts sphériques, et de calibres fer à cheval simples de 100 à 600 millimètres d'écartement.

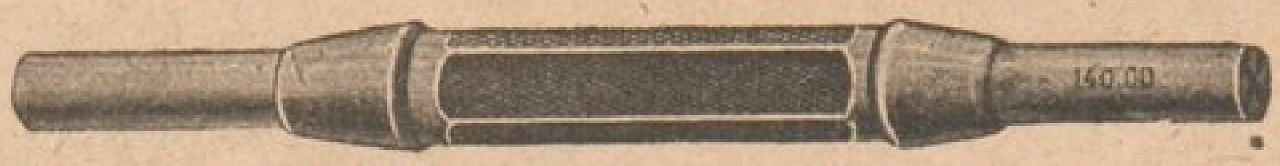


TAMPON SIMPLE DE 28 MILLIM. ET BAGUE NORMALE CALIBRÉE A LA MÊME DIMENSION

Les bagues et les tampons simples comprennent cinquante-huit diamètres de 4 à 150 millimètres (allégés au-dessus de 150 millimètres) ; les bagues sont à la *cote exacte*, ainsi que les tampons qui, alors, ne pénètrent dans les bagues qu'avec pression. On peut aussi avoir des bagues se présentant sur leurs tampons avec ajustage glissant.

Les broches simples, à bouts sphériques, de 100 à 600 millimètres, sont munies d'une poignée de caoutchouc qui les protège contre la chaleur de la main. Les calibres sont exécutés en acier supérieur et trempés très dur. Les surfaces portantes sont inattaquables à la lime, afin d'empêcher leur usure rapide.

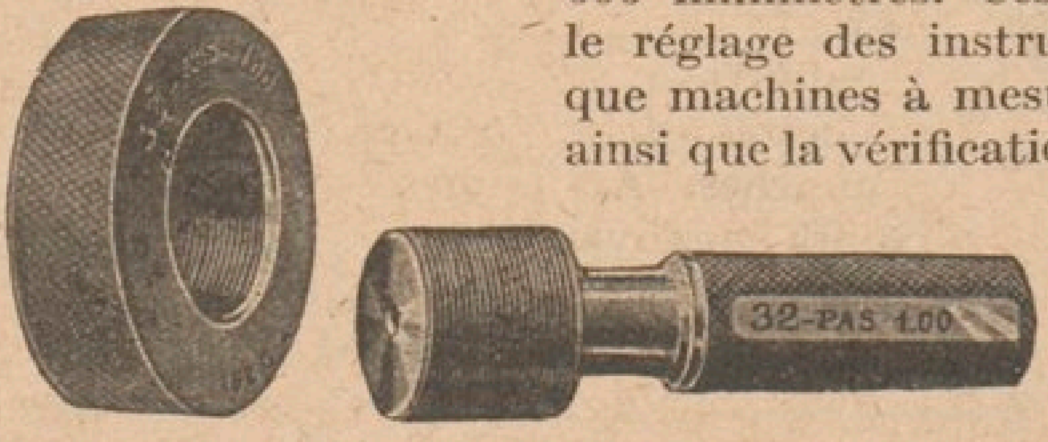
Les tampons doubles ont la tête du côté minimum (qui doit passer) plus longue que celle du côté maximum (qui ne doit pas passer). Il en est de même pour les jauges plates doubles, dont le corps est de forme trapézoïdale et moins large du côté minimum, ce qui est extrêmement commode pour l'ouvrier.



BROCHE SIMPLE DE 140 MILLIMÈTRES

Les calibres-mâchoires doubles, en une seule pièce jusqu'à 100 millimètres, présentent cette même forme dissymétrique.

Les jauges plates et les calibres-mâchoires sont percés d'un ou de deux trous, suivant leurs dimensions ; on peut ainsi les manipuler aisément et les suspendre. Tous les calibres, marqués avant trempe, portent, avec les dimensions et les tolérances, l'indication précise de leur série et de leur système.

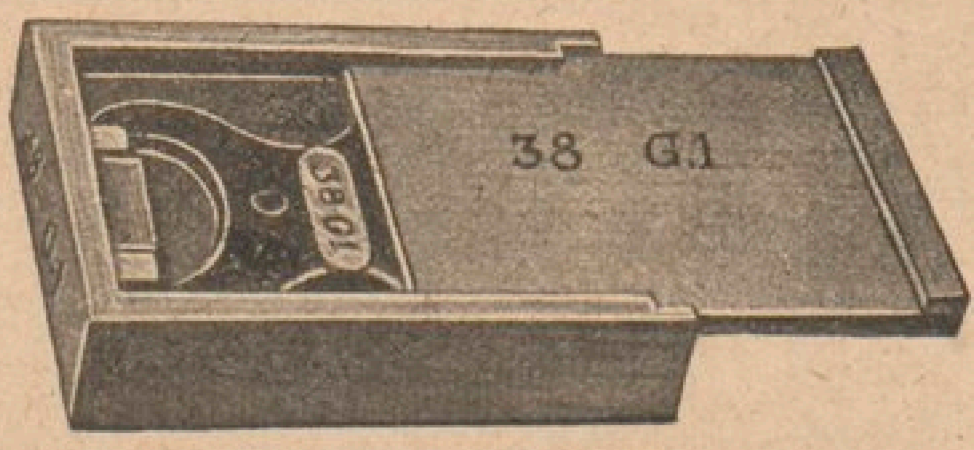


CALIBRE DE FILETAGE POUR ROBINETTERIE DE 32 MILLIMÈTRES AU PAS DE 1.00

Les calibres-mâchoires sont peints de couleurs fixes conventionnelles, ce qui permet de reconnaître facilement les séries.

Les dimensions des calibres sont vérifiées à l'aide d'*étalons secondaires* rigoureusement maintenus, pendant les comparaisons, qui sont parfois très longues, à une *température identique* à celle des calibres.

Ces étalons secondaires sont ajustés d'après les étalons primaires du *Bureau international des Poids et Mesures*, dont ils ne diffèrent, à la température d'ajustage, que de quantités de l'ordre du dixième de micron (dix millième de millimètre), en général à la température de 0°.



BOITE-SOCLE POUR CALIBRE-MACHOIRE DOUBLE DE 38 A 45 MILLIMÈTRES

Les dimensions des calibres doivent pouvoir être garanties avec une précision moyenne de deux microns (deux millièmes de millimètre), augmentée ou diminuée suivant les cas. Quand il s'agit de disques-références ou de broches-étalons de très grande précision, on peut exiger moins de un micron, pour les dimensions inférieures à 100 millimètres.

L'outillage de réglage se compose des instruments suivants : disques de références de grande précision, étalons prismatiques, broches-étalons à bouts plats de grande précision, broches et bagues de réglage.

Les quarante-huit disques-références, très employés pour le réglage des appareils de mesure : calibres, palmers, micromètres, se font de 4 à 9 millimètres, avec manche d'une seule pièce, et de 10 à 100 millimètres, avec manches amovibles de sept grandeurs différentes, suivant les dimensions. Ils donnent les cotes normales avec une précision supérieure à un millième de millimètre. On les conserve dans des écrins, de même que les étalons prismatiques, qui les remplacent souvent, et les broches-étalons à bouts plats, qui les complètent pour les dimensions de 25 à 600 millimètres. Ces dernières permettent le réglage des instruments de mesure tels que machines à mesurer, micromètres, etc., ainsi que la vérification par comparaison des broches spéciales d'atelier.

Les calibres de filetage, réglables ou fixes, correspondent à la série internationale ou aux pas courants usités pour la robinetterie (moteurs, carburateurs, graisseurs, instruments d'optique et quantité d'autres appareils). On peut concevoir également des calibres de filetage pour les systèmes tels que Whitworth, Marine, Gaz.

La conservation en parfait état du matériel de précision est une nécessité dans une usine au double point de vue de l'exécution du travail et de l'économie. Pour ranger les calibres et pour les manutentionner sans avaries, on a imaginé des boîtes et des armoires très ingénieuses.

On emploie les boîtes pour transporter les calibres, pour les ranger dans le magasin et pour les manutentionner commodément dans l'atelier.

On voit que tout a été prévu dans cet ensemble pour obtenir une grande précision avec le minimum de dépenses, tout en accélérant le travail d'une manière remarquable, ce qui a rendu un très grand service aux nombreuses usines travaillant pour la défense nationale.

CAMILLE LIBERMONT

CHARGEURS DE HOUILLE AUTOMATIQUES

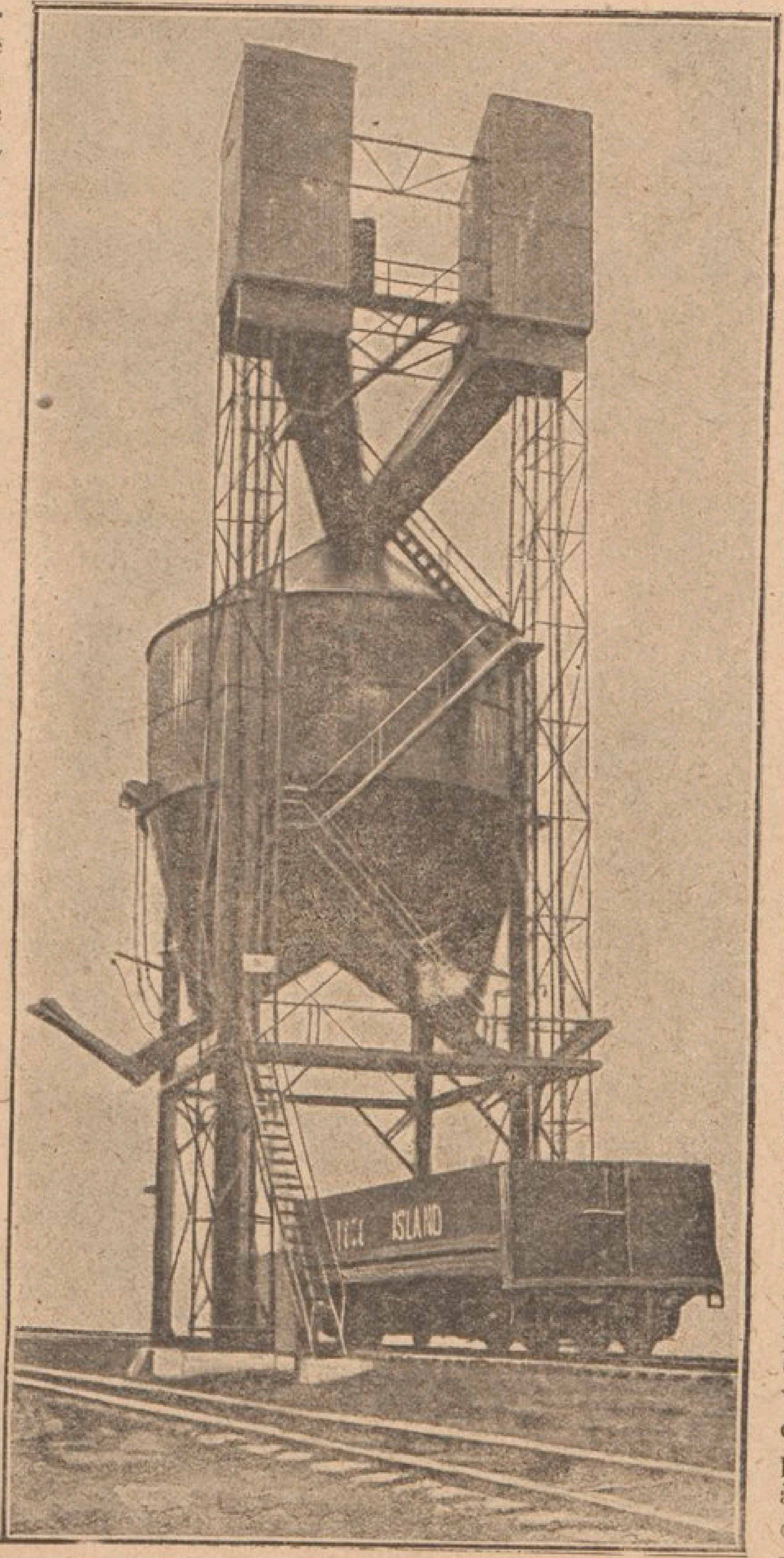
Par Félix DELORD

Sur les voies ferrées de grande longueur, comme il s'en trouve beaucoup aux Etats-Unis ou dans certains pays neufs, on est souvent forcé de renouveler en cours de route l'approvisionnement de charbon de la caisse des tenders.

Or, dans ces conditions, le prix de la main-d'œuvre est généralement exorbitant et il est tout à fait impossible d'utiliser une pelle à main pour le chargement du combustible frais.

On a donc cherché à réaliser des installations mécaniques simples susceptibles de fonctionner automatiquement avec un personnel des plus réduits.

Jusqu'ici, c'est surtout aux Etats-Unis que l'on trouve des stations munies de dispositifs de ce genre. Le système le plus employé est basé sur le principe des élévateurs anglais bien connus du modèle « Skip ». Dans ce dernier appareil, qui était, jusqu'ici, surtout employé pour évacuer les cendres des chaufferies dans les centrales à vapeur, une benne s'élève verticalement entre des guidages et bascule automatiquement à la partie supérieure de sa course pour déverser son contenu dans un silo.



STATION DE CHARGEMENT SYSTÈME SNOW

Il existe deux types principaux d'installations, l'un en bois, l'autre en acier, ce dernier ayant naturellement l'avantage de présenter moins de chance d'incendie.

Les bâtiments du poste de chargement des tenders installé à la gare de Greensbury par la Compagnie du Chesapeake and Ohio Railroad sont en bois. Les wagons pleins de charbon sont déchargés à l'abri d'un petit hangar situé en avant, dans une fosse peu profonde qui contient l'appareil de levage. Le charbon est amené, par un récipient auxiliaire mobile, dans une benne qu'un treuil à vapeur élève entre des glissières jusqu'au sommet d'une trémie à deux pentes dans laquelle le combustible est déversé. La trémie comporte à sa partie inférieure, à la base de chacun des deux plans adossés qui en forment le

fond, deux avant-becs mobiles équilibrés, dénommés *goulottes*, permettant de vider le charbon dans les caisses des tenders.

La capacité de la trémie est de 300 tonnes, ce qui permet d'alimenter vingt tenders grand modèle contenant chacun un provision de quinze tonnes de charbon tout venant.

Dans d'autres postes de chargement, les silos sont construits en béton armé. On voit, à gauche de la photographie ci-dessous, les guides métalliques de la benne dont le contenu glisse dans la trémie par un couloir incliné placé au sommet de l'édifice. Ce dernier dispositif permet d'alimenter trois tenders au moyen des avant-becs que l'on aperçoit sur la figure dans leur position relevée.

Dans les stations récemment équipées pour le chargement mécanique des combustibles, on a muni les goulottes d'un dispositif permettant de peser la quantité de charbon délivrée à chaque mécanicien qui reçoit un ticket en constatant le poids. La trémie peseuse-enregistreuse a une capacité de quinze tonnes qui est suffisante pour alimenter commodément les plus grands tenders en service.

Le même appareil permet de remplir également de sable les réservoirs placés au

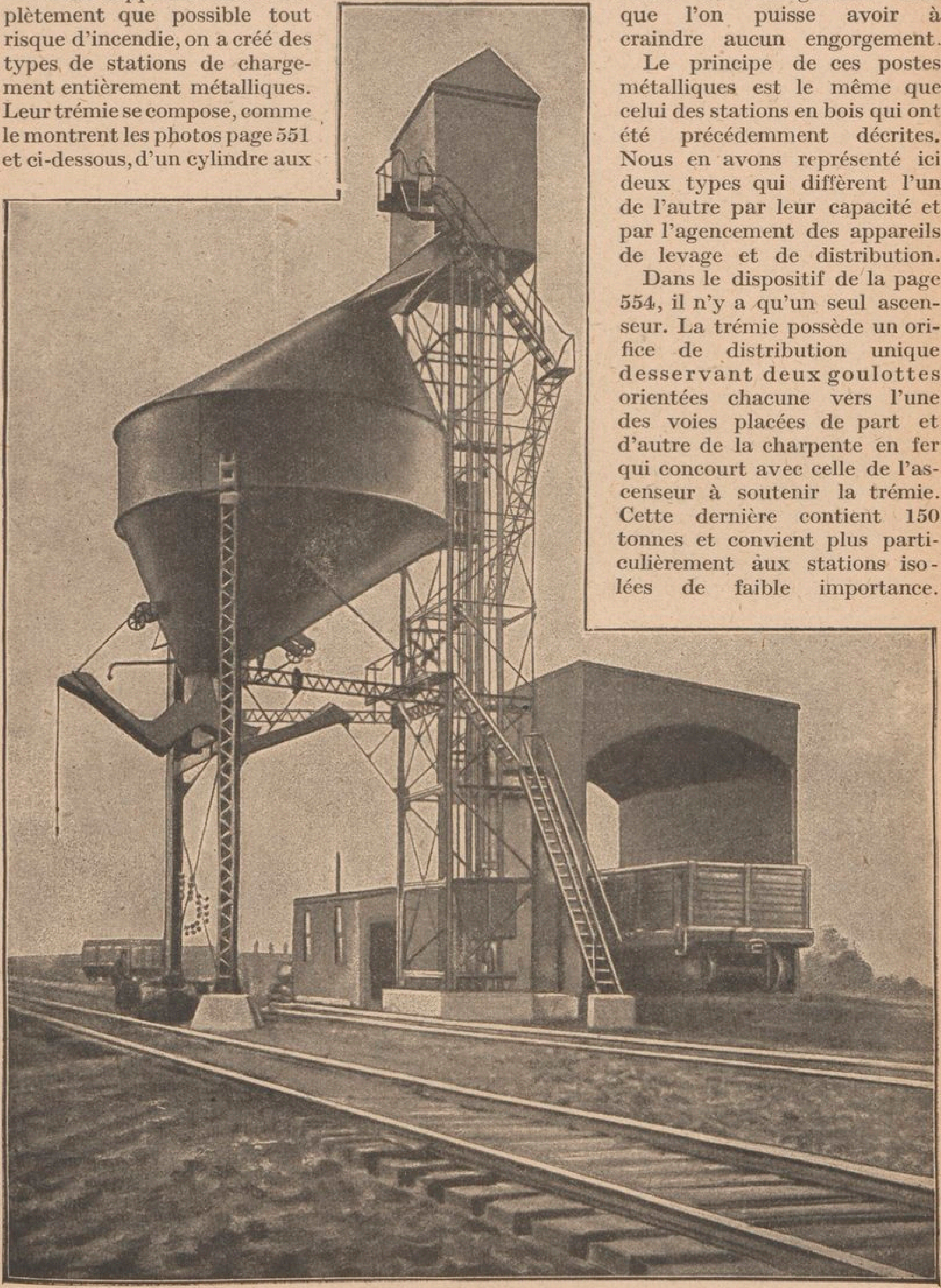
SILO DE CHARGEMENT EN CIMENT ARMÉ SUR UNE LIGNE AMÉRICAINE

sommet des chaudières pour alimenter les sablières à vapeur ou à air comprimé servant à rendre facile le démarrage des locomotives.

Afin de supprimer aussi complètement que possible tout risque d'incendie, on a créé des types de stations de chargement entièrement métalliques. Leur trémie se compose, comme le montrent les photos page 551 et ci-dessous, d'un cylindre aux bases duquel aboutissent deux cônes dont la forme spéciale permet au charbon, même en gros morceaux, de tomber sur les goulottes de chargement sans que l'on puisse avoir à craindre aucun engorgement.

Le principe de ces postes métalliques est le même que celui des stations en bois qui ont été précédemment décrites. Nous en avons représenté ici deux types qui diffèrent l'un de l'autre par leur capacité et par l'agencement des appareils de levage et de distribution.

Dans le dispositif de la page 554, il n'y a qu'un seul ascenseur. La trémie possède un orifice de distribution unique desservant deux goulottes orientées chacune vers l'une des voies placées de part et d'autre de la charpente en fer qui concourt avec celle de l'ascenseur à soutenir la trémie. Cette dernière contient 150 tonnes et convient plus particulièrement aux stations isolées de faible importance.



POSTE DE CHARGEMENT ENTIÈREMENT MÉTALLIQUE, CONTENANT 150 TONNES

Le second type contient 300 tonnes et offre peut-être une sécurité plus grande de fonctionnement. Il comporte, en effet, deux ascenseurs qui concourent à remplir la trémie au moyen de deux couloirs supérieurs inclinés. Le cône inférieur de déchargement est égale-

SILO A CHARBON, EN BOIS, DE LA GARE DE GREENSBURY (ÉTATS-UNIS)

ment muni de deux orifices de distribution desservant chacun une goulotte indépendante. La voie de circulation des wagons pleins qui amènent le combustible à la station passe sous la trémie entre les charpentes des deux ascenseurs, afin d'accélérer les manœuvres de remplissage. La machinerie est abritée dans un petit bâtiment en ciment armé, ce qui rend l'ensemble de l'installation complètement incombustible. FÉLIX DELORD.

LES FOURS D'USINES ET LES ÉTUVES A CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE

Par J.-B. VERMEULEN

Dans un grand nombre d'industries, la transformation de la matière débute ou se termine par une élévation de température, que l'on obtient par un passage plus ou moins prolongé dans un four ou dans une chambre de proportions quelquefois très vastes que l'on dénomme, suivant les cas : séchoir ou étuve de dessiccation.

Les ateliers les plus divers possèdent de ces installations, mais une des applications les plus intéressantes de ce genre d'appareils est celle qui a été faite au vernissage et à l'émaillage au vernis.

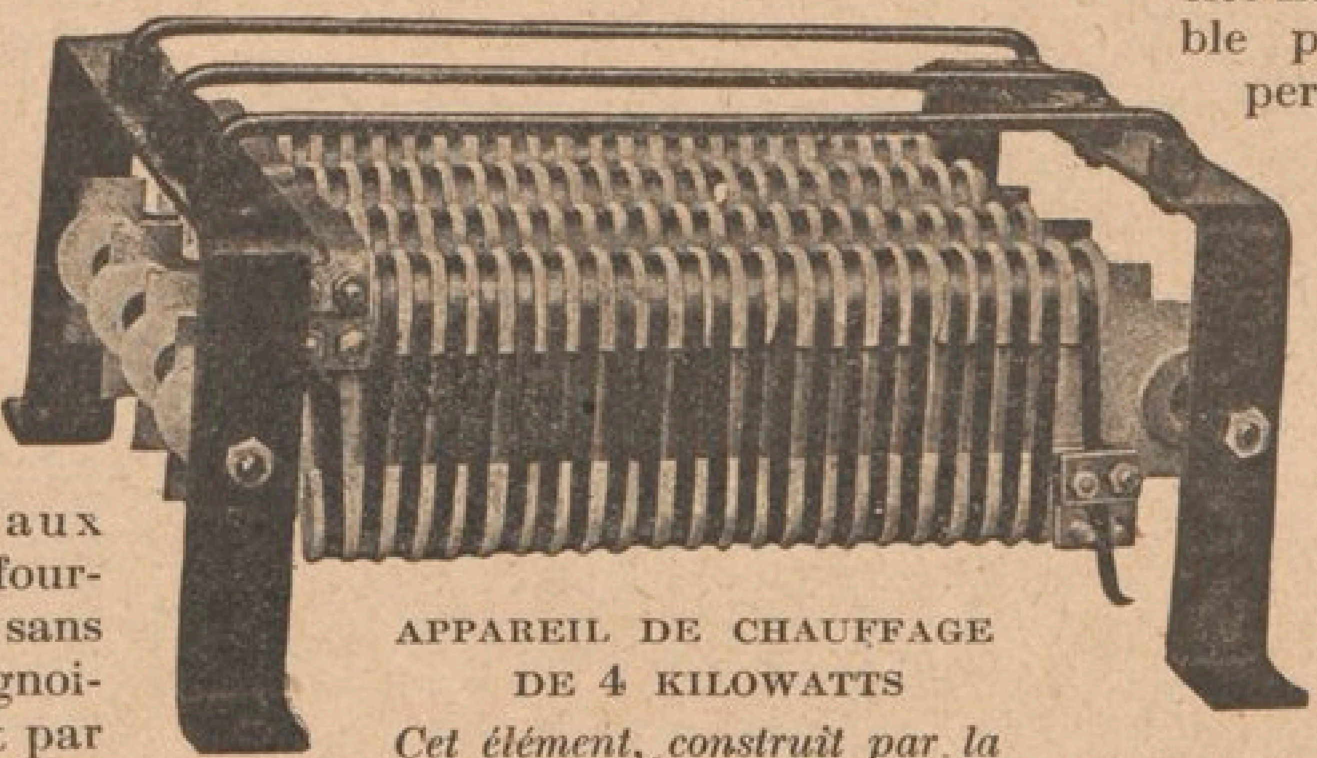
On émaille, en effet, nombre de pièces depuis les têtes de poupées jusqu'aux plaques de fourneaux à gaz, sans oublier les baignoires, en passant par les éléments divers de motocyclettes et d'automobiles.

Aussi les fours électriques à émailler ont-ils presque partout remplacé les anciens appareils de ce genre fondés sur l'utilisation de la chaleur directe obtenue par la combustion de la houille ou du gaz d'éclairage utilisé presque universellement dans tous les ateliers de petite ou de grande importance où l'on s'occupait de vernir et d'émailler l'acier, la fonte, la porcelaine, etc.

Le chauffage électrique permet d'améliorer considérablement les conditions du travail et les pièces ainsi exécutées sont de qualité supérieure. De plus, on n'a plus à prévoir la manutention et l'approvisionnement du combustible et les chances d'incendies accidentels sont notablement diminuées

L'expérience a prouvé que la chaleur se répartit avec une grande perfection dans les fours de cuisson à chauffage électrique dont les conducteurs peuvent régler la température avec beaucoup plus de souplesse que dans le cas des fours à combustible solide. Grâce à l'emploi d'appareils de contrôle automatiques de température, on maintient la chaleur du four constante où on la fait varier entre des limites déterminées.

Il faut cependant reconnaître qu'il existe encore à l'heure actuelle des cas où l'électricité ne donne pas, au double point de vue de la perfection du travail ou de l'économie, des résultats aussi satisfaisants que la houille ou la vapeur. Il est donc indispensable d'étudier avec le plus grand soin les données de chaque cas particulier afin de déterminer si rien ne s'oppose à ce que l'on puisse profiter des nombreux avantages de la solution électrique : réduction des chances d'incendie, amélioration de la qualité des produits, suppression de la manutention et de la mise en stock des combustibles, diminution de la température dans les salles de travail, élimination des poussières et des particules de suie qui se déposent sur les objets en cours de fabrication, et enfin obligation de maintenir la pression dans les conduites de vapeur.



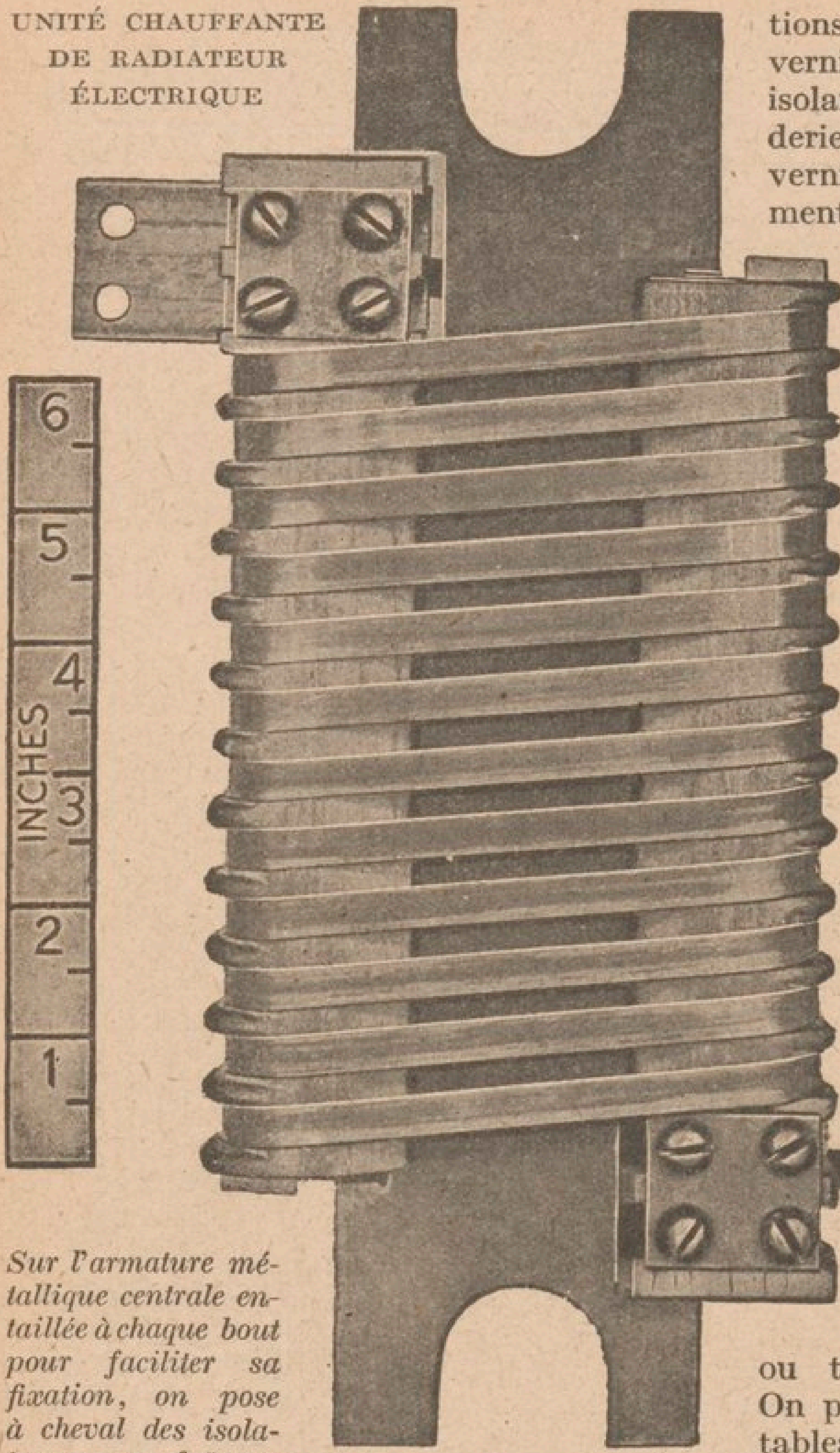
APPAREIL DE CHAUFFAGE DE 4 KILOWATTS

Cet élément, construit par la General Electric Co., comprend quatre unités montées à l'intérieur d'un bâti métallique isolé, supporté par quatre pieds. Chaque unité se compose d'un ruban de cuivre que l'on voit enroulé autour de pièces isolantes creuses, en faïence ou en grès, posées à cheval sur les bords d'armatures métalliques horizontales.

Il existe actuellement des appareils de chauffage électrique et des tableaux de contrôle automatique de température dont peuvent être munis la plupart des modèles de fours utilisés dans l'industrie actuelle

La température peut monter jusqu'à environ 500° C., ce qui permet des applica-

UNITÉ CHAUFFANTE DE RADIATEUR ÉLECTRIQUE



Sur l'armature métallique centrale entaillée à chaque bout pour faciliter sa fixation, on pose à cheval des isolateurs en faïence creux munis d'une rainure extérieure. Le ruban de cuivre est enroulé sur ces pièces isolantes. L'échelle graduée en pouces de 0m0254, placée à gauche du radiateur, permet de se rendre compte des dimensions réelles de l'appareil.

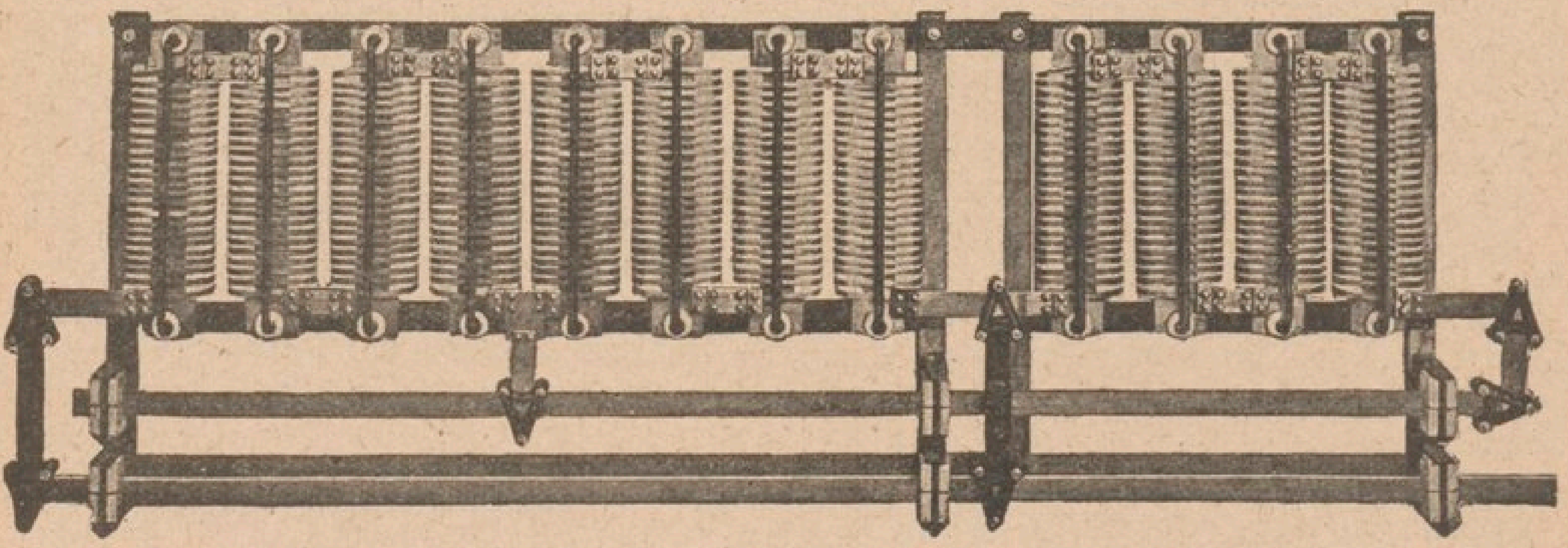
tions très variées : émaillage, laquage au vernis du Japon, fabrication de matières isolantes et de noyaux pour moules de fonderie, séchage rapide de pièces peintes ou vernies, de bois ou de fibres. On peut également cuire du pain dans ces fours ou y traiter par la chaleur toutes espèces de céréales en vue de les sécher ou de les faire griller pour la consommation.

Les anciens fours à charbon à parois de briques, généralement épaisses, ne peuvent pas être avantageusement transformés car l'équipement électrique ne s'applique qu'à des fours à doubles parois minces laissant entre elles un intervalle rempli de matière isolante ayant une très faible capacité calorifique.

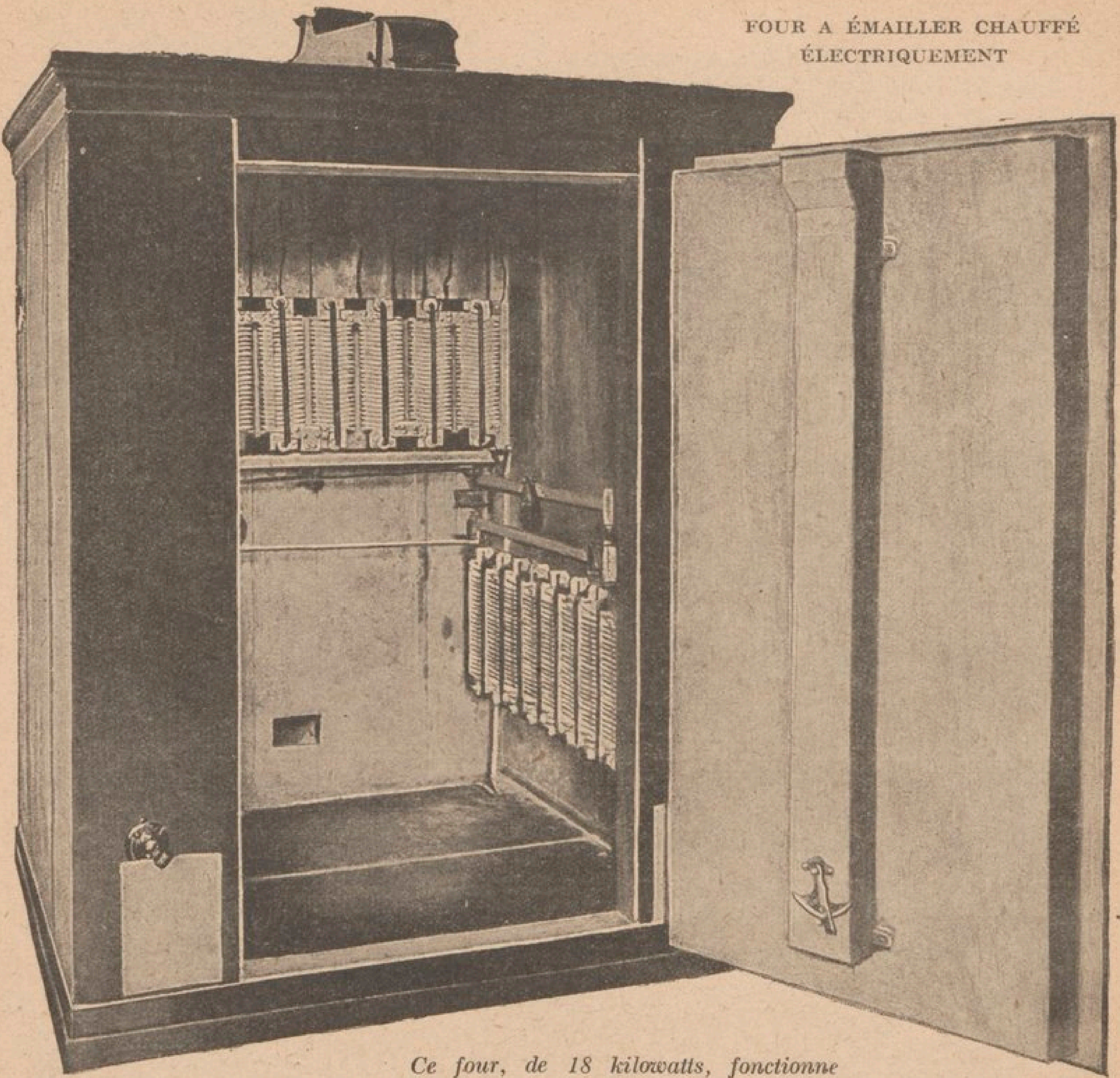
On détermine suivant le mode de construction du four la nature et l'emplacement de ses appareils de chauffage. Souvent, il existe sous la sole un espace libre suffisant pour recevoir les chauffoirs, tandis que, dans d'autres cas, on est obligé de monter ces derniers extérieurement le long des parois verticales internes.

L'équipement complet d'un four électrique comporte le matériel suivant : radiateur de chauffage, barres omnibus, tableau de contrôle automatique, thermomètre de contrôle de la température du four ou thermostat et interrupteur de porte. On peut, dans certains cas, employer des tableaux manœuvrés à bras, mais l'automaticité de ces appareils constitue un gage de sécurité et de constance des résultats obtenus qui prime toute autre considération dans les usines à grand rendement.

Il existe trois types principaux d'appareils



BATTERIE DE RADIATEURS MURAUX POUR FOURS ÉLECTRIQUES INDUSTRIELS

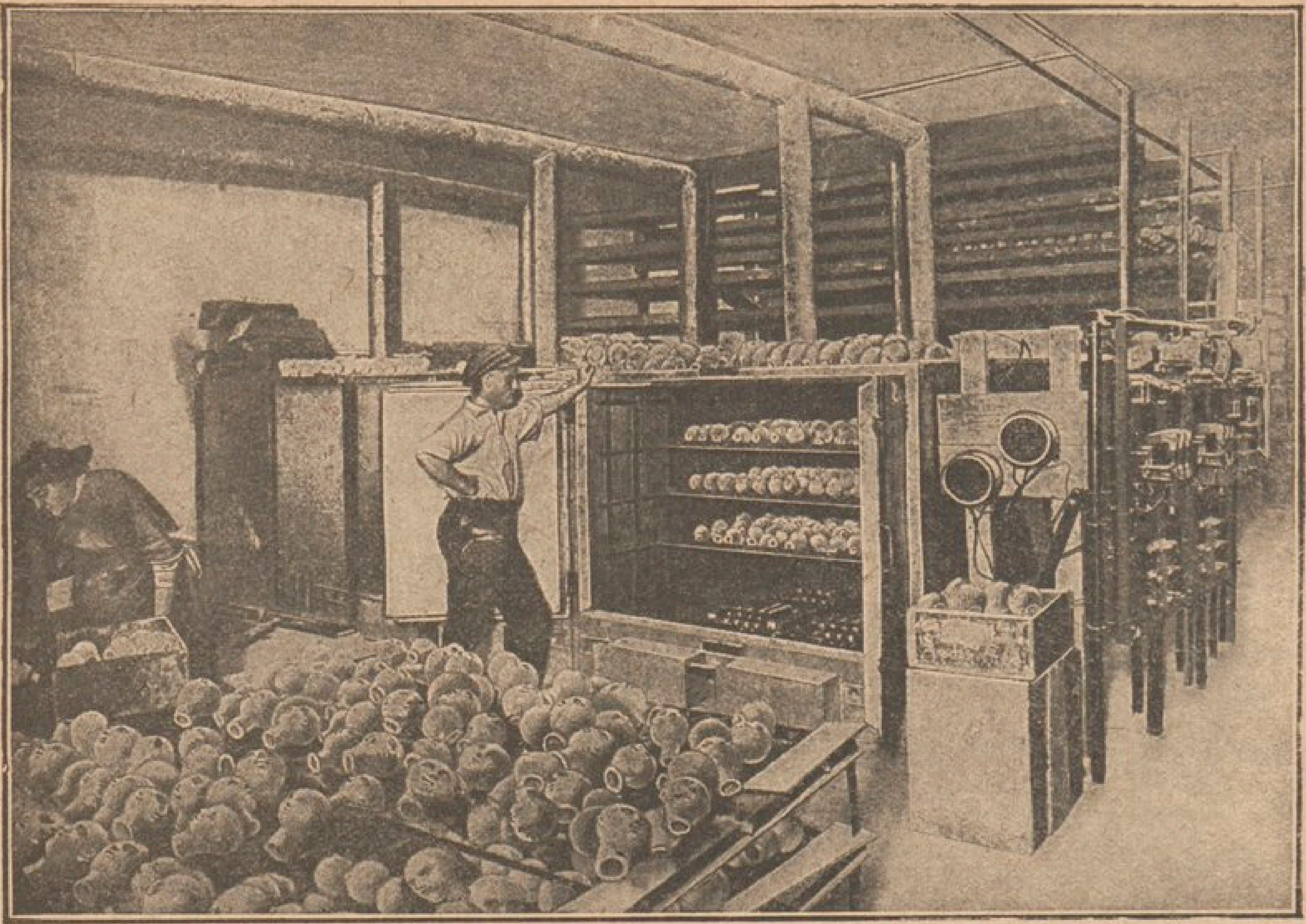


FOUR A ÉMAILLER CHAUFFÉ ÉLECTRIQUEMENT

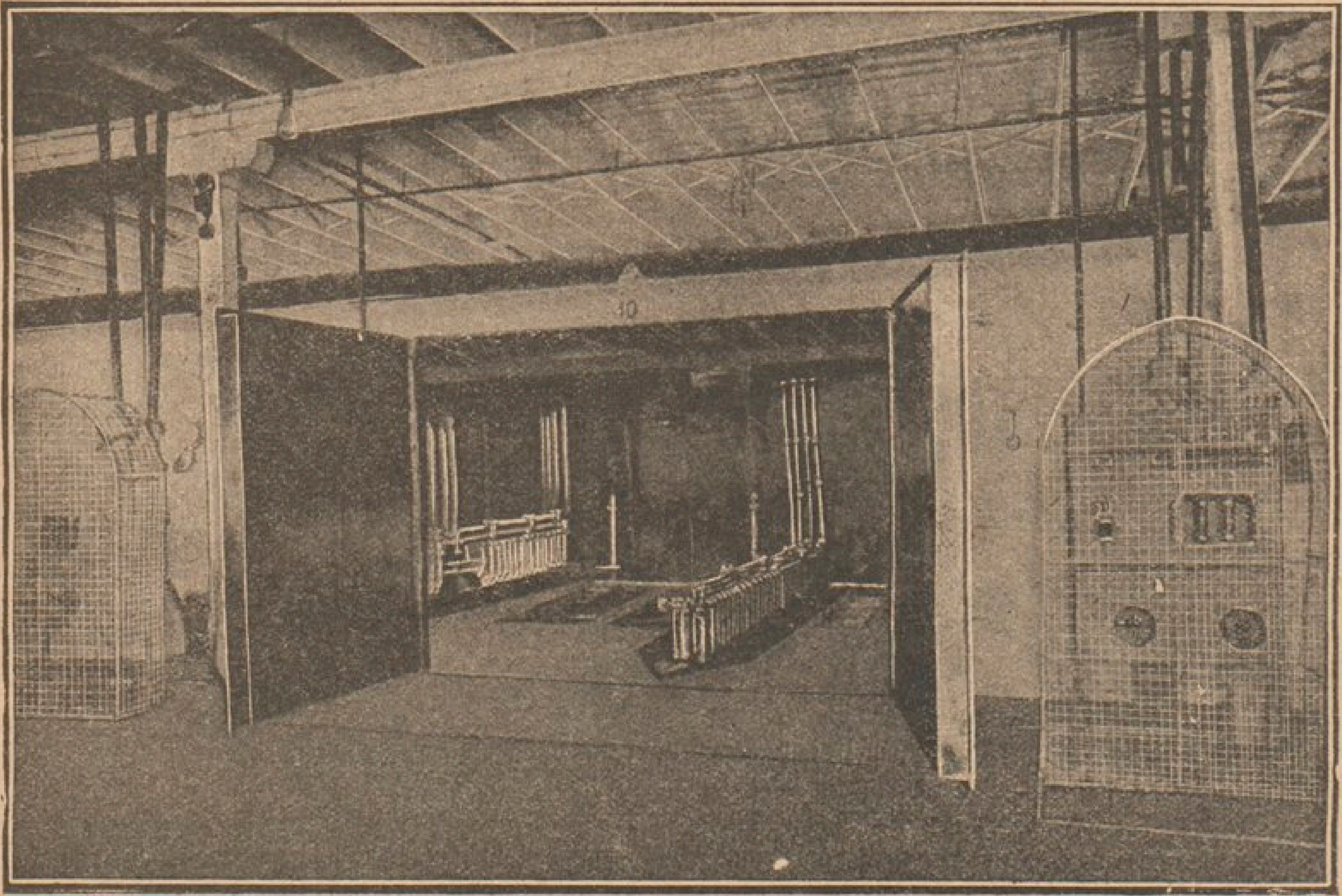
Ce four, de 18 kilowatts, fonctionne à Boston dans une grande manufacture d'objets en cuivre ; il mesure 1m60 de longueur sur 1m42 de largeur et 1m880 de hauteur. La construction soignée permet d'y traiter des pièces délicates.

de chauffage qui se montent, soit le long des murs, soit sous les parquets ; la troisième catégorie comprenant les chauffoirs universels que l'on peut placer à volonté le long d'un mur ou sous le plancher. En général, un poêle électrique se compose d'une résistance métallique soigneusement isolée et montée dans un bâti d'acier muni de pieds. (Voir les figures, pages 555 et 556.) Chaque bâti renferme plusieurs unités constituées par un ruban de cuivre enroulé sur des pièces d'isolement munies de rainures intérieures et extérieures qui servent à maintenir les blocs sur les bords d'une plaque de métal et à empêcher les spires de cuivre de se toucher. On emploie une matière susceptible de conserver ses propriétés isolantes et de ne pas se fendiller aux températures élevées (150° C. à 900° C.). Ces éléments absorbent de 1.3 à 12,3 kilowatts sous un voltage de 600 v., très facile à réaliser couramment.

Les barres omnibus en acier doux, de 5 mm. d'épaisseur sur 32 à 75 mm. de largeur, sont soigneusement montées sur des isolateurs installés soit sous les soles, soit sur les parois des fours. Les tableaux de contrôle pour courant monophasé, se composent d'une plaque d'ardoise supportant un interrupteur bipolaire muni de plombs fusibles qui sert à commander un contacteur bipolaire pour l'ouverture et la fermeture du courant. Le circuit est protégé par deux plombs fusibles et une lampe de contrôle s'allume dès que le circuit est fermé. Les panneaux à contrôle automatique pour courants continus ou monophasés, identiques



FOUR POUR L'ÉMAILLAGE DU CARTON-PATE ET DE LA PORCELAINE
Il sert à la cuisson du vernis-émail apposé sur les têtes et les membres des poupées articulées.



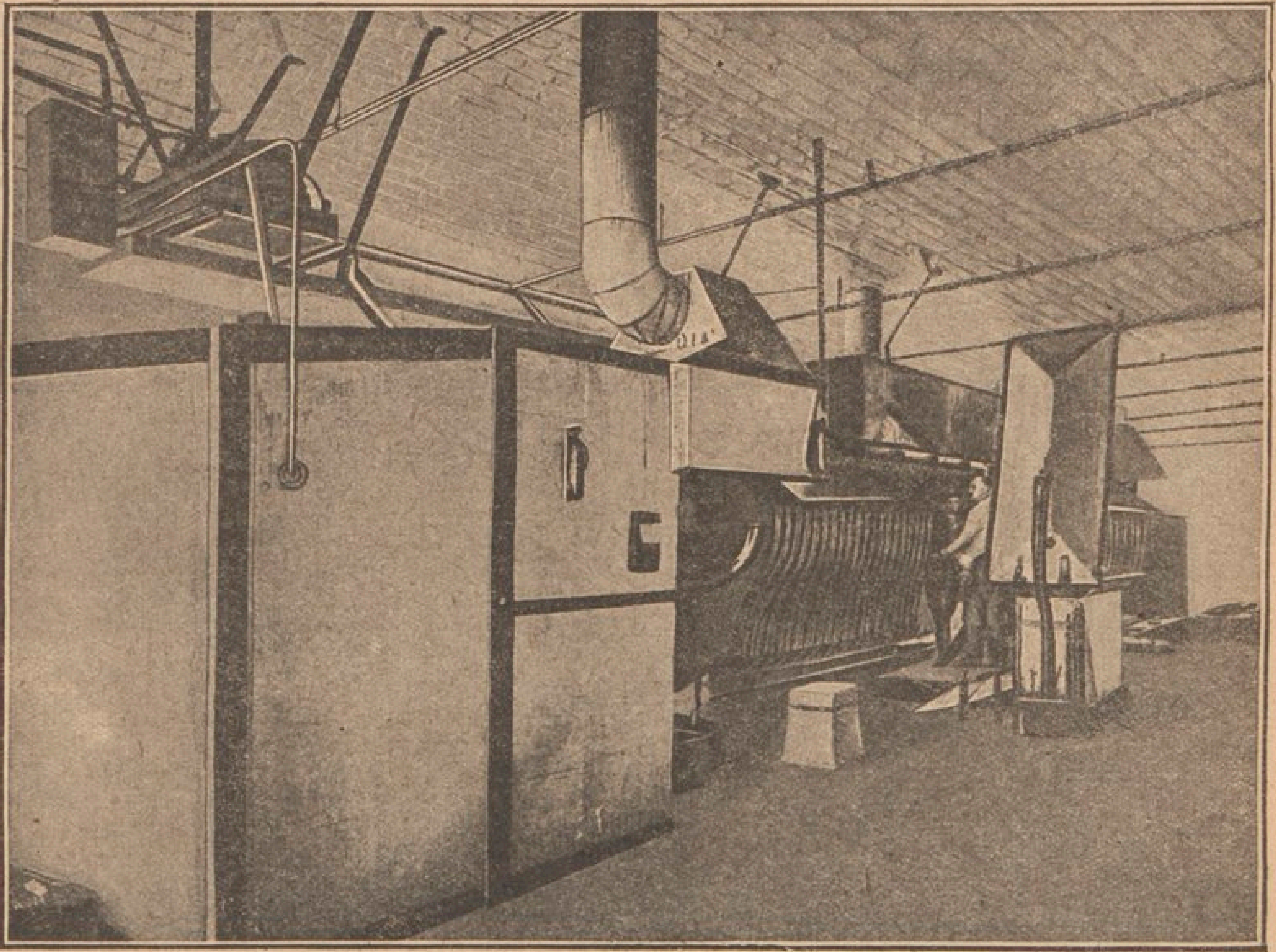
FOUR POUR L'ÉMAILLAGE AU VERNIS-JAPON DES CARROSSERIES D'AUTOMOBILES
Les appareils électriques sont disposés sur le sol de la vaste chambre, qui mesure 80 mètres cubes.

aux précédents, sont munis d'un commutateur spécial installé sur le circuit de contrôle et commandé par le thermostat du four.

On peut faire fonctionner le four à une température inférieure à la normale en agissant sur un interrupteur intercalé dans le circuit et qui réduit la dépense d'énergie d'un quart, d'un tiers ou de moitié suivant les cas.

Les photographies illustrant cet article représentent des fours électriques industriels servant à des usages variés. L'un (page 558) peut recevoir une carrosserie d'automobile complète pour en sécher le vernis grâce à ses dimensions considérables (6 m. × 5 m. 40 × 2 m. 40) Dans un autre four un ouvrier dispose sur un transporteur des pièces vernies, tandis qu'un troisième reçoit des têtes de poupées à émailler. A la page 557, on voit un four de dimensions réduites (1 m. 40 × 1 m. 40 × 1 m. 90), qui se présente sous la forme d'une armoire munie de trois chauffoirs muraux dont deux seulement sont visibles sur l'épreuve photographique.

D'ailleurs, les applications du four à chauffage électrique deviennent chaque jour plus nombreuses et la General Electric Co., qui s'est fait, aux Etats-Unis, une spécialité de leur construction, en livre des quantités considérables pour les buts les plus divers : trempe de l'acier, étamage, chauffage de pots à colle, fusion des alliages de plomb et d'étain, cuisson des vernis, cires, paraffines, etc.



FOUR ROULANT EMPLOYÉ POUR L'ÉMAILLAGE AU VERNIS-JAPON

L'appareil, qui a 24 mètres de longueur sur 2 m. 16 de hauteur et 1 m. 32 de largeur, est chauffé par des radiateurs électriques du type mural de 200 kw. Un transporteur permet de sortir progressivement les pièces pour éviter les craquelures qui se produiraient sous l'influence d'un brusque refroidissement.

On réalise, grâce à l'emploi du four électrique, une très importante économie de main-d'œuvre et le chauffage ne donne lieu à aucun inconvénient. Si l'on veut faire marcher les appareils la nuit, rien n'est plus facile, et l'on peut les faire aussi allumer le matin de très bonne heure par le premier manœuvre venu. D'ailleurs, la température monte très rapidement, puisque l'ouverture des portes n'a lieu que pour introduire et pour retirer les pièces soumises à la cuisson, ce qui réduit au minimum les causes de déperdition de calorique.

J.-B. Vermeulen.

TIRAGE RAPIDE DES CLICHÉS PHOTOGRAPHIQUES

Cette « tireuse » économique est montée sur une glace étamée placée sous un angle de 45 degrés, ce qui permet d'utiliser la lumière directe en même temps que la lumière réfléchie, ce qui est un avantage.

La glace est orientée suivant la direction de la bissectrice de l'angle formé par le châssis-presse côté avant *A* et par le fond arrière, qui descend jusqu'au bas du châssis de l'obturateur de la lumière directe *B*.

Un diffuseur *C*, composé d'un ou plusieurs verres dépolis, permet de travailler avec tous les éclairages artificiels ainsi qu'avec la lumière vive ou diffuse du jour et sert à ramener le temps de pose pour les clichés durs à la même durée d'exposition que pour les clichés doux.

Pour tirer une épreuve, on opère comme suit : dès que le papier sensible est placé sur le cliché, on abaisse le levier du châssis-presse *D*. Celui-ci étant appuyé sur le papier, y reste maintenu avec une pression constante et uniforme au moyen d'une tige métallique à ressort, fixée solidement à l'avant et au centre de la tireuse *E*.

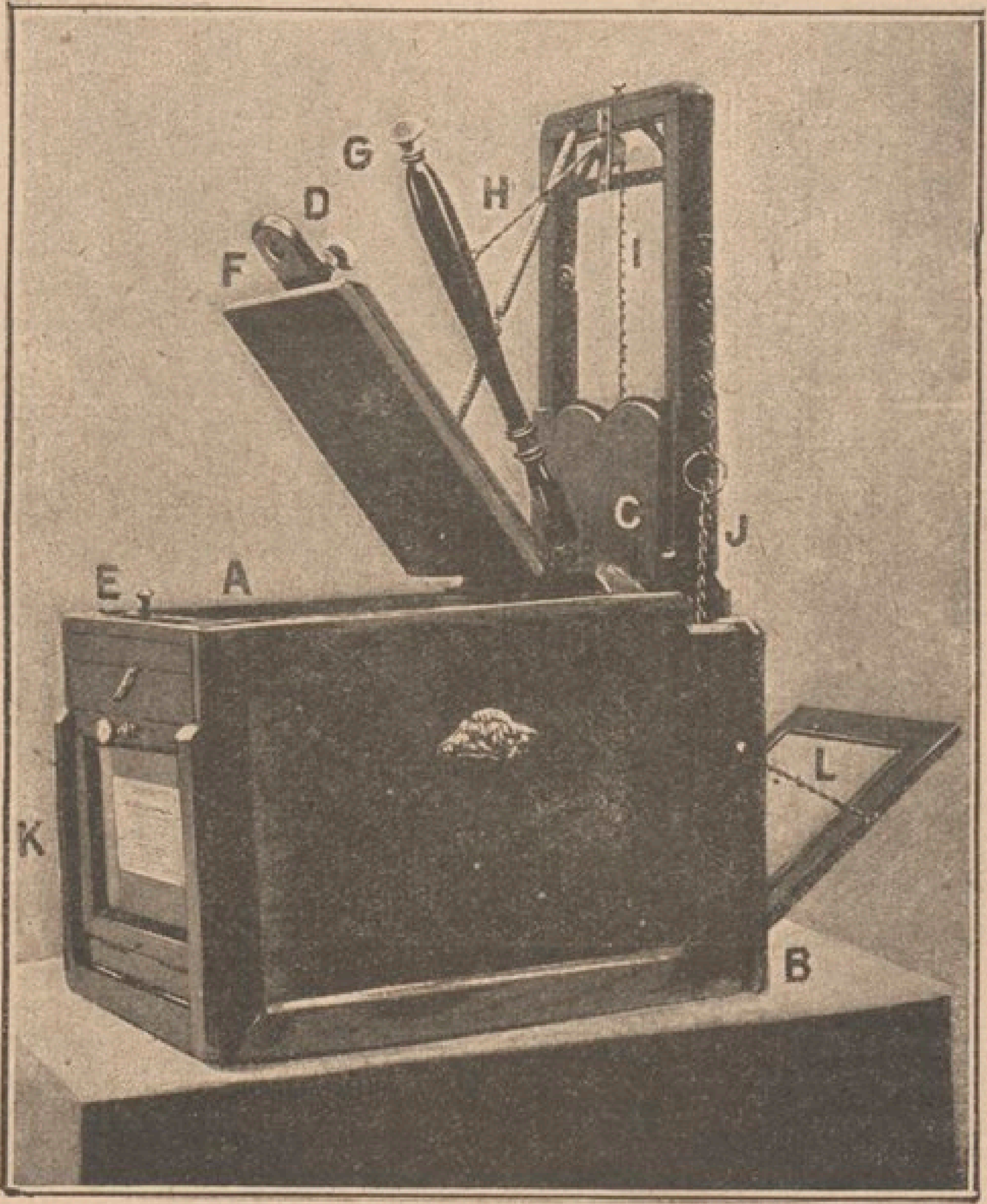
Cette tige s'introduit d'elle-même dans une ouverture pratiquée à l'extrémité du levier *F*, quand celui-ci arrive à son fond de course.

L'obturateur de lumière est placé à l'arrière de la tireuse, dans le sens vertical, en partant du bas du diffuseur. Il donne automatiquement la lumière rouge à l'intérieur de l'appareil quand disparaît la lumière blanche. La commande du mouvement se fait à l'aide d'un levier *G*, dont la charnière est fixée au milieu d'une traverse placée à l'arrière et un peu au-dessus de l'extrémité du levier supportant celui du châssis-presse.

Une chaînette *H*, passant sur une poulie située à la partie supérieure et au centre du châssis-porte obturateur complète ce mouvement et sert, en même temps, à le diriger.

Le châssis de l'obturateur *I*, maintenu à l'arrière du coffre de la tireuse par deux écrous à oreille placés de chaque côté des montants, se démonte instantanément.

Au bas de ce châssis est fixé extérieurement, par deux charnières, un volet de fermeture *L* sur lequel est fixée la glace servant à régler l'intensité de la lumière. Ce volet peut aussi servir à supporter une lampe ou tout autre dispositif d'éclairage. Il suffit, pour cela, de l'abaisser horizontalement, et il reste maintenu dans cette position au moyen d'une chaînette *J* fixée à l'un des montants du châssis de l'obturateur et commandée de l'intérieur



L'APPAREIL POUR LE TIRAGE RAPIDE DES CLICHÉS

A l'avant, c'est-à-dire du côté faisant face à l'opérateur, se trouve la porte d'un compartiment intérieur *K* qui comprend tout l'espace resté libre entre la glace étamée et le fond de l'appareil. Ce compartiment peut servir à mettre à l'abri de la lumière des boîtes de plaques et des papiers sensibles.

On peut ainsi tirer 150 épreuves à l'heure, même avec une simple lampe à pétrole.

AU SEUIL DE LA VICTOIRE : BATTU SUR LE FRONT OCCIDENTAL, L'ENNEMI SOLLICITE UN ARMISTICE

Les événements se sont à ce point précipités sur notre front, que nous ne pouvons plus les retracer qu'en raccourci. Depuis le 8 août, où s'est déclenchée l'offensive britannique ayant pour principal objet de dégager Amiens et les voies ferrées en arrière de ce centre, tous les secteurs se sont successivement ou simultanément embrasés, et les armées alliées, placées sous la haute direction du maréchal Foch, ont livré assaut sur assaut aux armées allemandes. Effort ininterrompu, effort admirable comme on n'en avait jamais vu, si bien que dans les premiers jours d'octobre, l'adversaire, attaqué depuis la Belgique jusqu'à la Moselle, forcé dans sa fameuse ligne de résistance Hindenburg, réduite à l'état d'écumoire, devait esquisser un mouvement de recul qui ne pouvait que s'accentuer par la suite. Il sentit même si bien le vent de la défaite passer sur sa tête que, le 6 octobre, il adressait une demande d'armistice au président Wilson.

De la mer du Nord à l'Ailette

C'est à l'aube du 8 août que la 4[e] armée britannique, commandée par le général Rawlinson, s'ébranla entre Albert et la route d'Amiens à Roye, et, sauf dans le triangle entre l'Ancre et la Somme, récolta, par effet de surprise, des résultats foudroyants. La 1[re] armée française (général Debeney), qui appuyait le mouvement à droite, ne fut pas moins heureuse, si bien qu'au deuxième jour de l'offensive, elle avait gagné 14 kilomètres en profondeur, et que, dès ce moment, les deux armées comptaient à leur actif, comme prises, 17.000 hommes et près de 300 canons.

GÉNÉRAL RAWLINSON

Tandis qu'au troisième jour, nos alliés enlevaient Morlancourt, au nord de la Somme, où ils avaient été arrêtés, et prenaient Lihons, les troupes françaises entraient, à midi, à Montdidier, que l'ennemi avait été contraint d'évacuer et s'avançaient en direction de Roye. Le même jour, l'armée française voisine, celle du général Humbert, se mettait en action sur un front de vingt kilomètres et avançait sur certains points de dix kilomètres en direction du massif de Lassigny, son objectif.

Les jours suivants, alors que nos alliés, en butte à de furieuses contre-attaques, voyaient leurs progrès se ralentir, nous poursuivions nos succès, enlevions Ribécourt le 14, l'importante position du bois des Loges le 17, et atteignions les abords de Lassigny le 19.

Puis, nouveau coup de théâtre : une troisième armée française, celle du général Mangin, entrait en lice entre Oise et Aisne. Déjà, le 17, elle avait rectifié sa ligne du côté d'Autrèches ; le 19, elle s'assurait des positions de départ meilleures encore, en cueillant 1.700 hommes ; puis, le 20, attaquant sur vingt-cinq kilomètres, entre Bailly et l'Aisne, elle avançait de quatre kilomètres, faisant 8.000 prisonniers. Cette victoire se corsa encore le jour suivant par une nouvelle progression de quatre kilomètres, qui amena nos troupes en bordure de l'Oise, à l'est de Noyon et à hauteur de la route

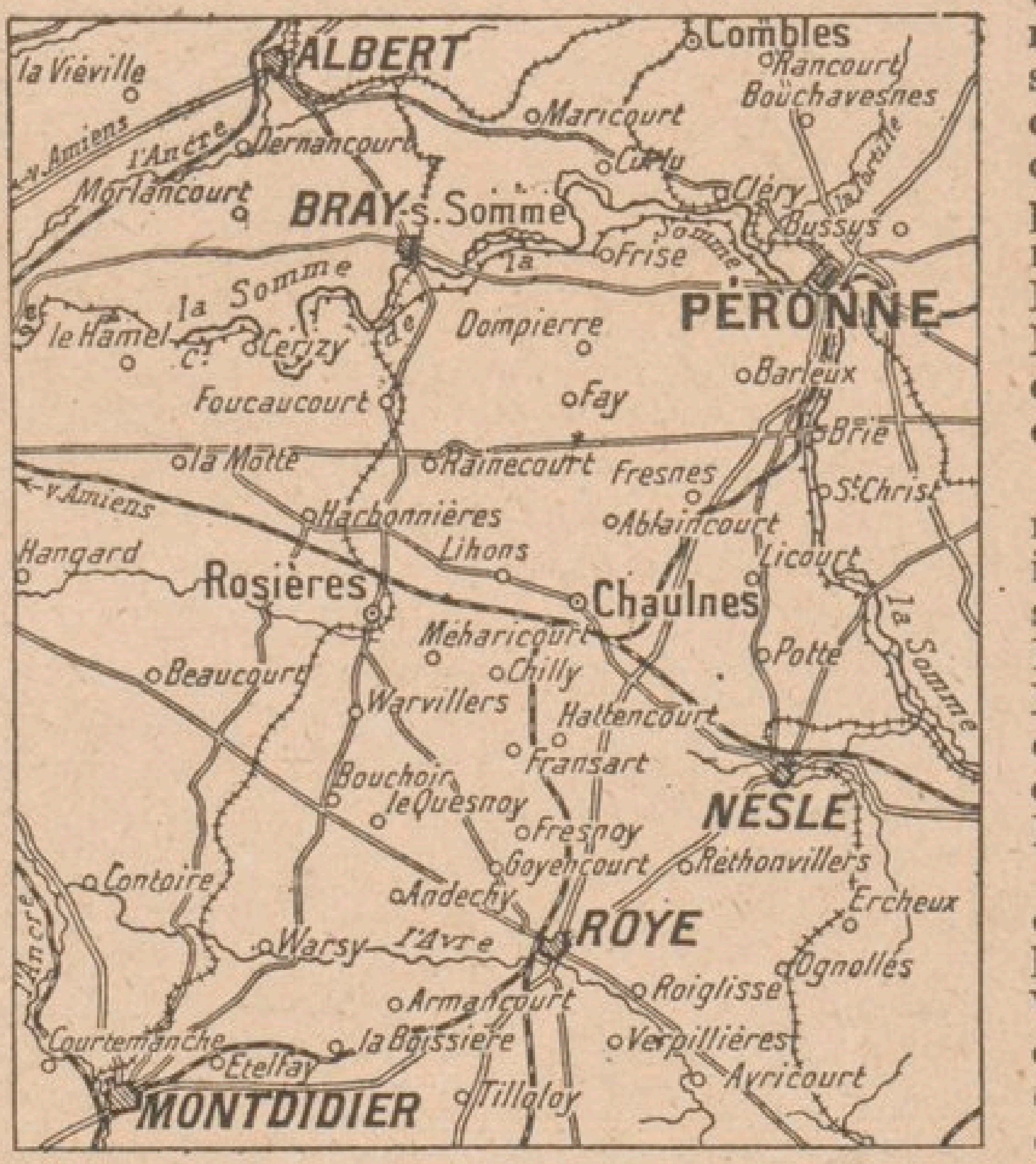
GÉNÉRAL BYNG

qui, de cette ville, se dirige presque en droite ligne vers Coucy-le-Château.

C'est le 21 aussi que Lassigny tombait au pouvoir de l'armée Humbert, et celle-ci ne tardait pas à se mettre, le long de la Divette, à l'alignement de l'armée du général Mangin.

Le même jour encore marqua le début d'un élargissement de l'offensive britannique, qui se révéla féconde en résultats. L'armée Byng attaquait entre le nord de l'Ancre et le village de Moyenneville, sur un front de dix-sept kilomètres environ ; les divisions anglaises et néo-zélandaises purent faire un bond sérieux et atteignaient bientôt la voie ferrée d'Arras à Albert, et, grâce à cette progression, l'armée Rawlinson (4e armée), qui avait été immobilisée dans le secteur plus au sud, put, le lendemain, s'emparer, au nord de la Somme, d'une partie des crêtes qui s'étendent entre Albert et Bray. Le 23, le front de bataille s'étendit jusqu'au sud d'Arras, et dans le bas, jusqu'à Lihons, soit une cinquantaine de kilomètres. En deux jours, nos alliés enlèvent les crêtes du plateau de Thiepval, et au nord de la Somme, après avoir pris Bray, les positions des boucles de la rivière devant Cappy. Le 24, tout le saillant de Thiepval était réduit, et, le 26, l'armée du général Horne partait à l'assaut de part et d'autre de la Scarpe ; son aile droite, de concert avec l'aile gauche de Byng, enlevait les hauteurs entre Croisilles et Heninel, commençant dès ce moment à entamer les organisations de la ligne Hindenburg, qui, le 27, étaient trouées en plusieurs points : Arleux, Gavrelle, Rœux, Cherisy, Vis-en-Artois, Fontaine-les-Croisilles tombaient. Plus au sud, la menace sur Bapaume s'accentuait. Longueval était dépassé et Vermandovillers était pris.

Pendant ce temps, celle de nos armées qui opérait en étroite liaison avec les Britanniques était loin d'être restée inactive. Le 27, les troupes de Debeney entraient dans Roye, et l'armée von Bœhn devait largement reculer devant elle. L'armée Humbert (3e) appuyant le mouvement, poussait jusqu'aux abords de Noyon, si bien que, le 28, nos troupes bordaient le canal du Nord entre Noyon et l'est de Nesles, et la Somme entre l'est de Nesles et l'est de Chaulnes.



LA RÉGION PICARDE LIBÉRÉE EN AOUT

Le 29, deux événements, également importants, devaient se produire : l'armée Humbert emportait Noyon de haute lutte, et Bapaume tombait enfin aux mains des Britanniques.

Pendant que des combats acharnés se livraient à Vaux-Vrancourt, Bullecourt et Heudecourt, dans la ligne Hindenburg, et que nos alliés s'employaient à briser la résistance ennemie à l'est de Bapaume, l'armée Debeney franchissait le canal du Nord, et l'armée Humbert enlevait le mont Saint-Siméon, au sud-est de Noyon.

Le 31 août, nouvelle date capitale. Ce jour-là, les Australiens s'emparent, avec une audace extraordinaire, du mont Saint-Quentin, clef de Péronne, et l'ennemi, incapable de le leur reprendre, doit se résigner à abandonner la ville. Le même jour, nos alliés s'emparent, en Flandre, du fameux mont Kemmel qu'un important mouvement de repli de l'ennemi met en leur pouvoir.

Gal VON DEN BORNE

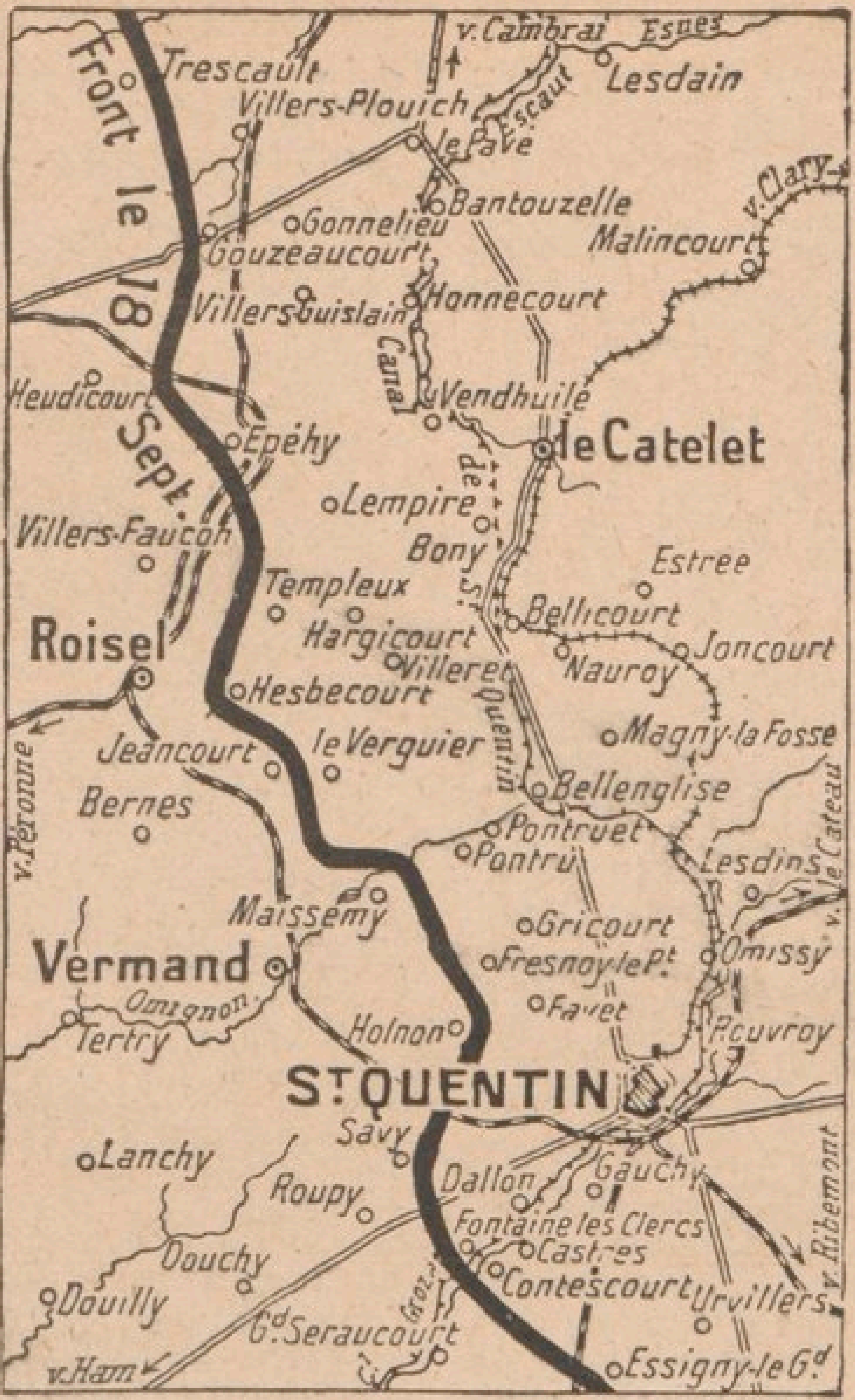
Commandant l'un des corps allemands de l'armée du général von Quast

Le 2 septembre, succès plus important encore. Dans un irrésistible assaut, les Canadiens du général Currie enfoncent définitivement le tronçon Drocourt-Quéant, de la ligne Hindenburg, et débordent Quéant, s'ouvrant ainsi largement les voies d'accès vers Cambrai.

Pendant ce temps, nos armées avaient fait d'excellente besogne. Le 4 septembre, l'armée Humbert s'était emparée de Guiscard ; le 6, nous tenions Ham et Chauny ; le 7, nous enlevions Tergnier et pointions vers la Fère. De son côté, l'armée Debeney, après avoir

franchi la Somme, progressait largement ; au nord de la rivière, le canal Crozat était dépassé à son tour, et, le 7, la prise de Grand-Séraucourt nous amenait à sept kilomètres de Saint-Quentin, dont nous ne cessions dès lors de nous rapprocher glorieusement par étapes successives.

Le 18, les 3e et 4e armées britanniques et l'armée Debeney attaquaient avec succès en direction de la route Cambrai - St - Quentin, sur un front de trente-cinq kilomètres, depuis Gouzeaucourt jusqu'à Essigny-le-Grand. Les premières reprenaient possession de leurs anciennes tranchées d'avant l'offensive ennemie de mars, et les débordaient même de loin, faisant 6.000 prisonniers ; pour notre part, nous avancions de deux kilomètres sur dix, et ces opérations, poursuivies méthodiquement, de concert avec nos alliés, nous valurent, le 24, la conquête de l'importante position de l'épine de Dallon, alors que le fort de Vendeuil avait été pris la veille. L'encerclement de Saint-Quentin, dès lors, se dessinait.



LE FRONT DE DÉPART DE L'OFFENSIVE ANGLO-FRANÇAISE DU 18 SEPTEMBRE

GÉNÉRAL FERGUSSON

Le 27 septembre, les 1re et 3e armées britanniques (Horne et Byng) prenaient l'offensive en direction générale de Cambrai et obtenaient des succès capitaux; elles forçaient le passage du canal du Nord, se rapprochaient, au nord, de Cambrai, et, au sud, enlevaient Bourlon, Marquion, quantité d'autres villages et comptaient à leur actif, en deux jours, 12.000 prisonniers et 200 canons.

Le 29, nos alliés donnaient un nouvel effort depuis le nord de Camb[illegible] jusqu'au nord de Saint-Quentin. Il s'agi[illegible] orter les organisations mêmes de la ligne Hindenburg dont ils ne tenaient que les avancées. Contrairement à la tactique employée habituellement, 2.500 bouches à feu de tous calibres avaient été employées deux jours durant à rompre les puissantes défenses de ce système et à paralyser ses défenseurs à coups de redoutables obus à gaz.

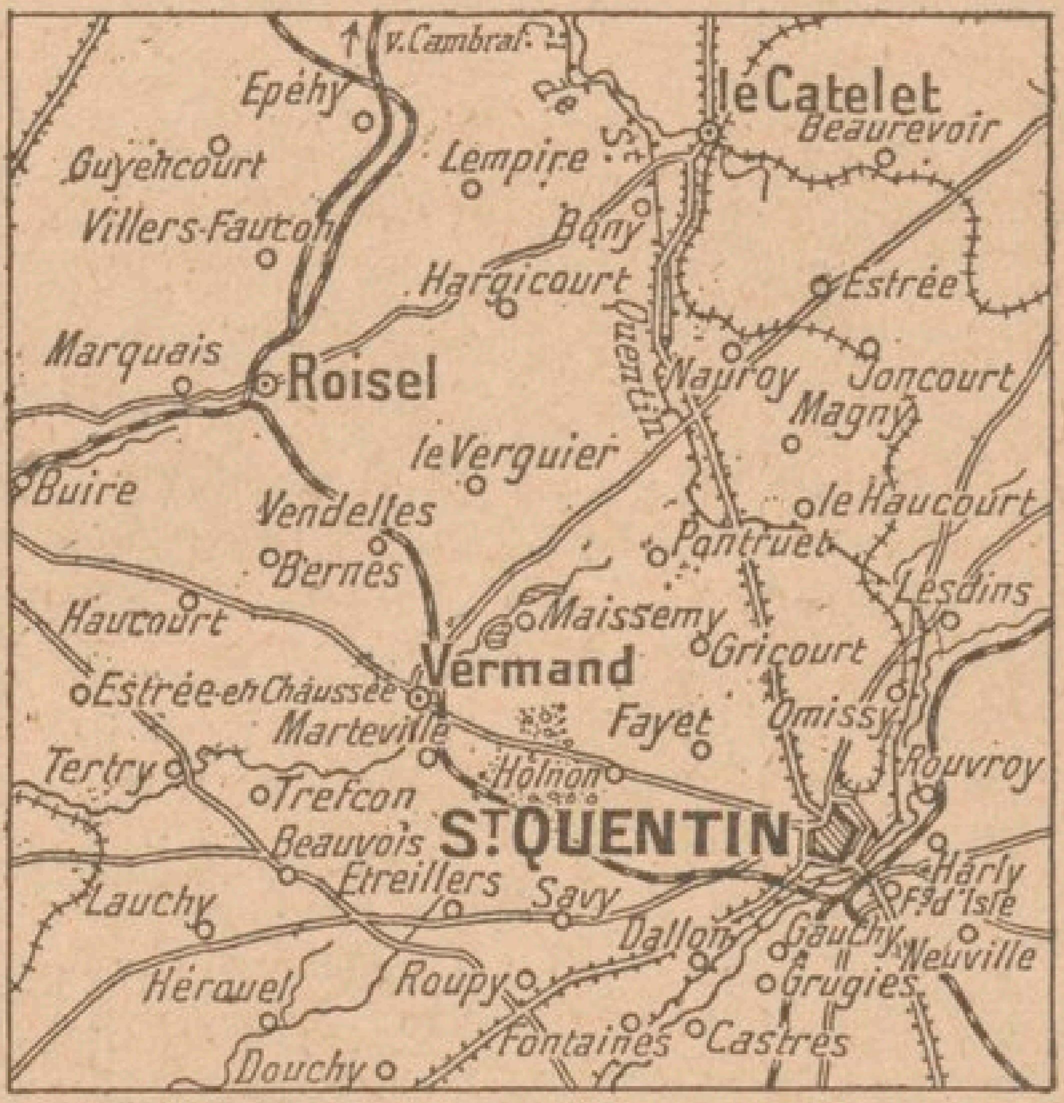
Ce fut une furieuse bataille. Alors que les Canadiens entamaient le système défensif couvrant Cambrai au nord-est et atteignaient les lisières de la ville, que la 63e division navale forçait le passage du canal de Saint-Quentin, au niveau de Cantaing, et abordait les faubourgs sud, que la 62e division enlevait Masnières et Rumilly dans le coude du canal, et que des troupes anglaises progressaient sur la ligne la Vacquerie. Gonnelieu, Villers-Guislain, Bony, les troupes américaines du major général Read se frayaient un passage dans la partie la plus redoutable de la ligne Hindenburg, celle qui est accolée au cours souterrain du canal de Saint-Quentin, et s'emparaient de Bellecourt et de Nauroy. Plus bas, le 9e corps, et, en particulier, la 46e division, passaient le canal sur des pontons, sur des radeaux ou même à la nage et enlevaient Magny-la-Fosse, Lehaucourt, ainsi que Bellenglise.

GÉNÉRAL HORN

Le 2 octobre, les Anglais s'emparaient du Catelet et de Gouy et commençaient, avec l'appui de l'armée Debeney, à entamer la ligne Beaurevoir-Sequehart, qui doublait à l'arrière la ligne Hindenburg. Malgré une résistance tenace et des fluctuations diverses, les Britanniques poussaient

le 5, jusqu'à Montbrehain, alors que nous combattions à l'est de Lesdins ; nos alliés, ce même jour, s'emparaient du dernier morceau de la ligne Hindenburg, entre Banteux et Vendhuile, et occupaient Bantouzelle et la Terrière, si bien que toute la fameuse « muraille d'acier » croulait sur l'étendue du front anglais.

Ces combats seront suivis, les 8 et 9, d'une attaque qui sera décisive. Cambrai tombe, et les Allemands sont battus à fond. Ce recul, s'étendant rapidement aux autres parties du front, ouvrira à notre haut commandement les plus vastes perspectives.



LE THÉATRE DE LA LUTTE A L'OUEST ET AU NORD DE SAINT-QUENTIN

En bonne stratégie, il convenait d'étendre notre poussée jusqu'à l'aile nord du dispositif allemand. L'armée belge, qui, depuis longtemps, brûlait de se mesurer avec l'envahisseur, entra donc à son tour en scène, et cela victorieusement. Le 28 septembre, après une violente préparation d'artillerie, appuyée par les bâtiments de la flotte britannique, elle s'élança à l'assaut sur un front de vingt kilomètres, et, enlevant la forêt d'Houthulst, elle avança de six kilomètres, c'est-à-dire au delà de la deuxième position ennemie. Le jour suivant, elle s'emparait de Dixmude, progressait sur une ligne allant de cette ville à Moorsleede, et, dans la soirée, elle atteignait Saint-Pierre, sur la route de Roulers à Menin. L'armée britannique du général Plumer, qui appuyait à droite l'offensive belge, ne fut pas moins heureuse. En quelques heures, elle enleva la fameuse ligne des crêtes de Flandre qui s'étend de Clerken à Wytschaete, en passant par Passchendaele, et dont la conquête avait coûté autrefois tant d'efforts et tant de temps. Butin : 9.000 prisonniers, 200 canons.

Le 3 octobre, les Allemands évacuaient Lens et Armentières et, le 8, ils étaient aux portes de Douai et dans le voisinage de Lille.

Nos succès de l'Ailette à la Moselle

L'ARMÉE Mangin a eu, pendant toute la durée de notre offensive, une mission de première importance. Nous avons vu déjà son aile gauche appuyer, en direction de Chauny et de la Fère, l'avance de l'armée Humbert ; nous allons voir son centre franchir l'Ailette et envelopper le massif de Saint-Gobain, et sa droite attaquer de flanc les plateaux du Soissonnais pour prendre en enfilade le Chemin-des-Dames. Dans ce multiple rôle, elle va fixer l'élite des troupes du kaiser et faciliter d'autant la tâche des armées voisines.

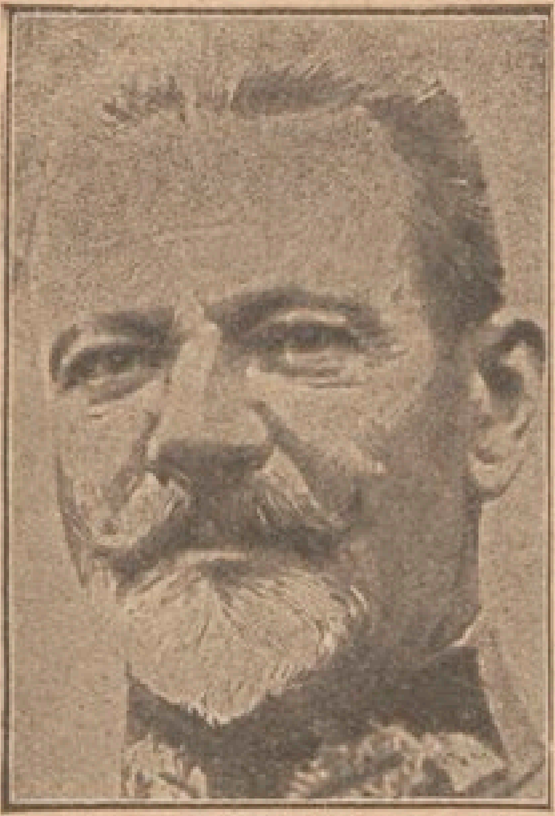
Dès le 4 septembre, l'Ailette traversée, ses troupes atteignent les abords de Coucy-le-Château et ses progrès au nord de Soissons deviennent si inquiétants pour l'ennemi que celui-ci recule, sur un front de trente kilomètres, entre Vesle et Aisne, poursuivi par les Américains. Le 5, elles parvenaient jusqu'à la ligne Neuville-sur-Margival, Vregny-pentes du fort de Condé, s'emparaient de Coucy-le-Château, Coucy-la-Ville, Folembrey et s'engageaient dans la basse forêt de Coucy. Le 7, Barisis, Nanteuil-la-Fosse et le fort de Condé sont conquis. Le même jour, nous reprenons nos anciennes tranchées dans la région de Laffaux, et, à partir de ce moment, ce sera une série de combats acharnés où nous affirmons notre maîtrise sur l'ennemi. Le 14 septembre, les vaillants soldats de Mangin enlèvent le village d'Allemant et le moulin de Laffaux ; le jour suivant, ils s'emparent du plateau à l'est de Vauxaillon et de la ferme Mennejean, faisant en deux jours plus de 3.500 prisonniers ; dans la même nuit, ils emportent de haute lutte le mont des Singes et prennent brillamment Vailly.

GÉNÉRAL KUHNE

Chef d'état-major du général von Gallwitz.

Le 28, leurs attaques soutenues contraignent l'ennemi à

se replier derrière l'Ailette, à l'est de la ligne Allemant-Jouy ; les lisières sud de la forêt de Pinon et le fort de la Malmaison tombent entre nos mains. Le 29, nous avançons de deux kilomètres de part et d'autre du Chemin des Dames. Depuis lors, avec la coopération du contingent italien, de nouveaux progrès ont été réalisés dans la région Ostel-Soupir. Enfin, le 10, la partie centrale du Chemin des Dames est reconquise.

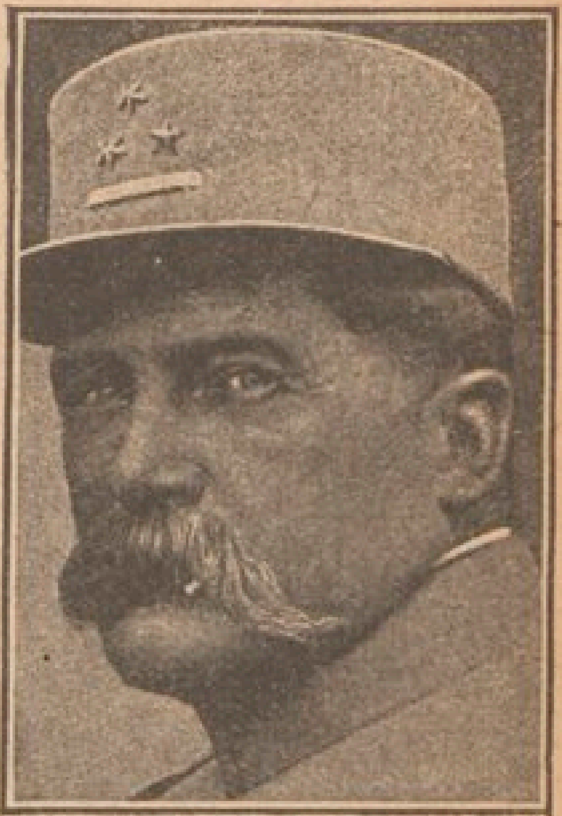


GÉNÉRAL VON GALLWITZ

Commandant le groupe des armées allemandes de l'Argonne et de la Meuse.

Ce n'était un mystère pour personne que l'armée autonome américaine placée sous le commandement du général Pershing frapperait un grand coup dans l'Est. Les concentrations de nos alliés et leurs préparatifs ne pouvaient d'ailleurs échapper à l'adversaire, qui, se doutant de ce qui l'attendait, avait pris ses dispositions pour évacuer ce qu'on a appelé la poche ou la « hernie » de Saint-Mihiel. Mais l'ordre d'offensive lancé le 12 septembre par le général en chef américain ne laissa pas aux Allemands le temps de se dérober. Le saillant à réduire, d'une profondeur de vingt-cinq kilomètres environ, avait pour base une ligne allant des Eparges au bois Le Prêtre ; son flanc ouest prenait en écharpe les falaises de l'extrémité sud des Hauts-de-Meuse, passait ensuite devant Spada, en arrière de Paroches, et devant Chauvoncourt ; son flanc est se profilait en grande partie au nord de la route Saint-Mihiel-Pont-à-Mousson. C'est de ce côté que se produisit la principale attaque purement américaine ; à la pointe opérait un corps colonial français ; sur le pourtour ouest, le long des Hauts-de-Meuse, Américains et Français opéraient de concert

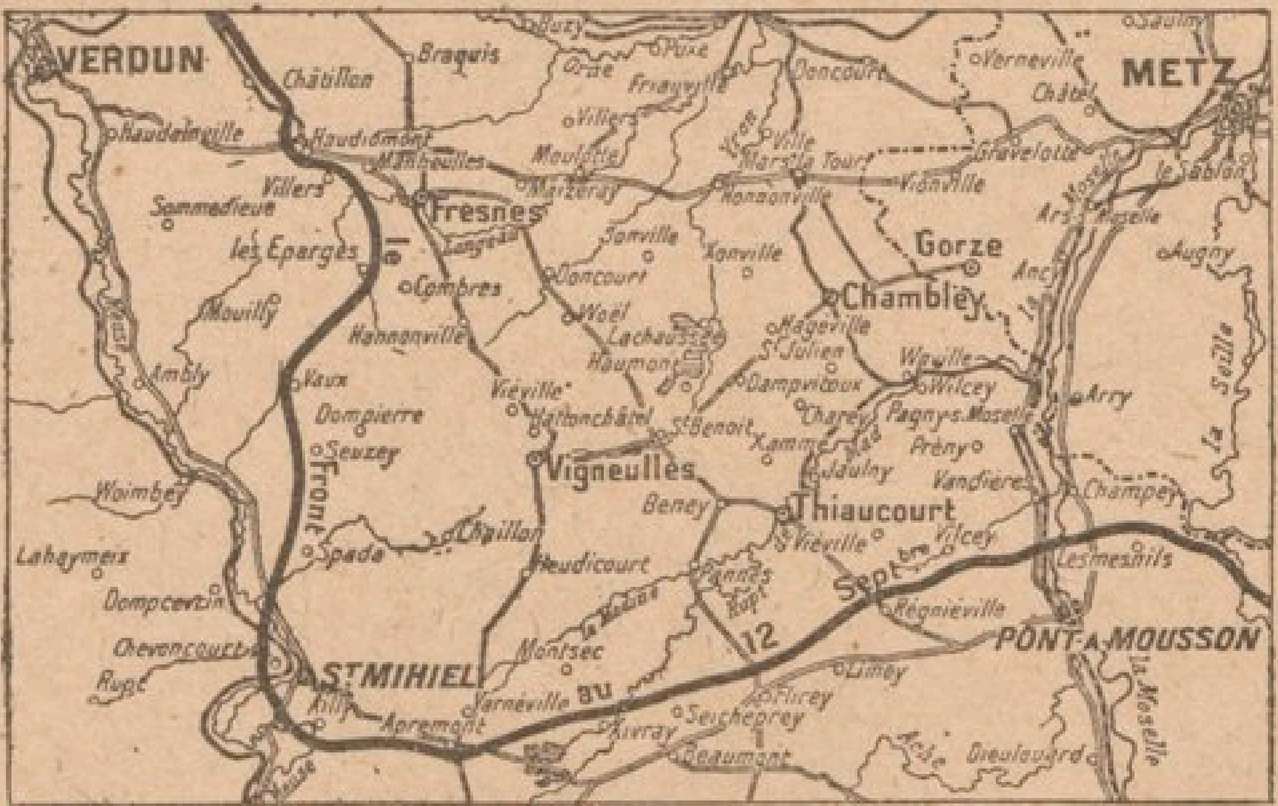
Facilitées par le déménagement de la plus grande partie de l'artillerie lourde ennemie, les choses marchèrent rondement. Dans la nuit du 12 au 13, les colonnes faisaient leur jonction au niveau de Saint-Benoît, et, le 13, à 7 heures du matin, les coloniaux entraient à Saint-Mihiel, libérée et pas trop endommagée. Dans la matinée du 13, c'était la base même de la poche qui était pressée, et, le soir, le front passait en avant d'Herbeville, Hattonville, Thiaucourt, Viéville. La « hernie » était étranglée, et l'ennemi avait dû nous laisser près de 15.000 prisonniers et 200 canons. Dès lors les Américains pouvaient prendre sous le feu de leurs canons les forts avancés de Metz.



GÉNÉRAL HIRSCHAUER

Commandant l'une des armées françaises qui appuyèrent les Américains.

Nos alliés ne devaient pas tarder à faire mieux encore. Le 26 septembre, la 1re armée américaine prenait l'offensive entre l'Argonne et la Meuse, de concert avec la 4e armée française, qui attaquait en Champagne. Les Allemands, qui nous attendaient dans la région des « monts », furent complètement surpris et la double offensive enregistra dès le premier jour des résultats prodigieux. Du côté américain, l'avance réalisée atteignait près de 12 kilomètres : Vauquois, Varennes, Cheppy furent enlevés à gauche ; à droite, l'avance entre Septarges et la Meuse fut si rapide, que le fameux piton de Montfaucon, réputé imprenable, se trouva débordé et dut être abandonné par l'ennemi en fuite.



LA « HERNIE » DE SAINT-MIHIEL RÉDUITE PAR LES ARMÉES FRANCO-AMÉRICAINES

Du côté français, nous pénétrions dès le premier jour dans les secondes positions allemandes, que notre offensive de septembre 1915 n'avait pu atteindre. Les progrès étaient surtout marqués à droite, où, après avoir pris l'ensemble des « buttes », nous atteignions la ligne Tahure-Ripont-Rouvroy-Cernay-en-Dormois. Le jour suivant, Gratreuil et Fontaine-en-Dormois tombaient

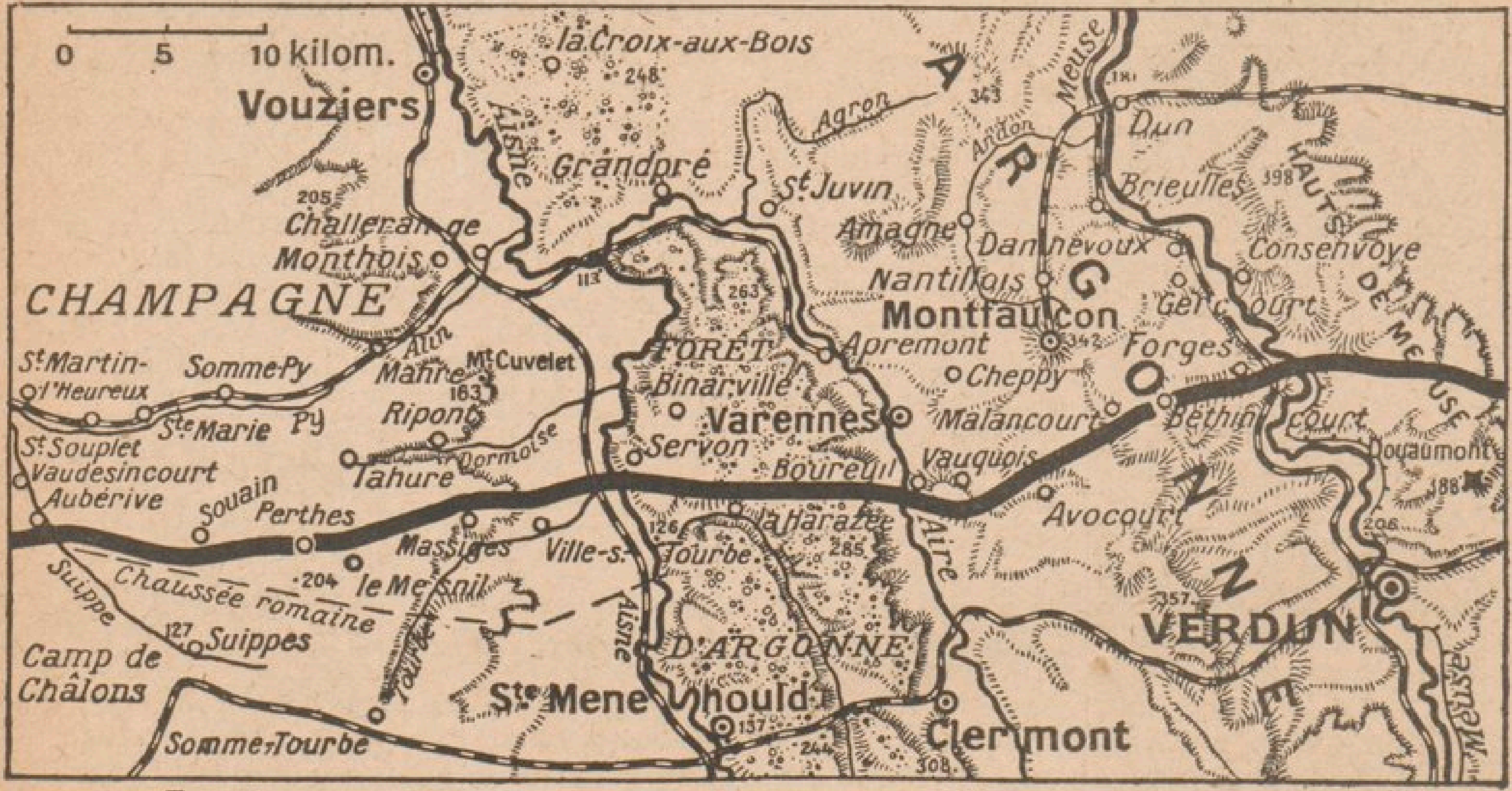
entre nos mains et nous avions, sur certains points, progressé de huit kilomètres. Les Américains, pendant ce temps, avaient poussé sur leur gauche, et, en s'emparant de Charpentry et d'une série d'autres villages, avaient enlevé à l'ennemi tout espoir de reprendre le piton de Montfaucon. Le 28, ils étaient à sept kilomètres au nord de ce point, aux abords d'Exermont et de Brieulles.

Le 29, l'armée Gouraud emporte Boucon-ville, Séchault, le mont Cuvelet, Ardeuil et Sainte-Marie-à-Py ; le 30, elle conquiert à son centre la position essentielle du plateau d'Aure ainsi que Marvaux et parvient au nord de Somme-Py, au coude de la route occupaient une ligne allant de Berry-au-Bac au nord de la Suippe. Le 10, nous attaquons Grandpré et le 11 Machault est pris.

Du 15 juillet au 30 septembre, les forces alliées en France avaient capturé 248.494 hommes, 5.538 officiers, 3.669 canons et plus de 23.000 mitrailleuses légères et lourdes.

Mais nos magnifiques troupes et celles de nos alliés ne devaient pas s'arrêter en si beau chemin. Pressé de toutes parts, l'ennemi était contraint à une retraite générale, parfois désordonnée, de la mer du Nord à la Moselle.

Le 12 octobre, l'armée Gouraud était à trois kilomètres de Vouziers, les Français et les Italiens s'emparaient du Chemin-des-



Front avant l'offensive (26 septembre 1918).

LA LIGNE DE DÉPART DE L'OFFENSIVE DE CHAMPAGNE ET DE L'ARGONNE

nationale. Le 1er octobre, elle atteint, au sud de Challerange, à Vaux-les-Mouron et à Autry, l'important défilé de Grandpré. Le 3, elle s'empare de Challerange, où elle ne pourra pas se maintenir, mais marque, par contre, des progrès importants à sa gauche où, à cinq kilomètres au sud-ouest de Somme-Py, elle enlève la ferme Médéah et le Blanc-Mont. Elle pousse ses avantages jusqu'à Saint Etienne-à-Arnes, et menace ainsi de prendre à revers les positions ennemies des « Monts », qui sont des plus importantes.

Les Allemands les évacuent précipitamment dans la journée du 5, et comme l'armée voisine, l'armée Berthelot, qui, dès le 30 septembre, s'était mise en mouvement, avait atteint progressivement la ligne du canal de l'Aisne à la Marne, l'ennemi commençait à reculer sur un front de 45 kilomètres, nous cédant successivement le fort de Brimont, le massif de Moronvilliers, celui de Nogent-l'Abesse. Reims se trouvait ainsi largement dégagé. Le 7, nos deux armées, la 5e et la 4e Dames ; le 13, l'armée Berthelot (devenue l'armée Guillaumat) franchissait l'Aisne au nord de Reims ; le 14, le communiqué officiel annonçait la prise de Laon et de la Fère, tandis qu'on apprenait que les Britanniques étaient entrés dans les faubourgs de Douai, et que les Belges, renforcés de Français et d'Anglais, avaient réalisé sur leur front une avance de huit kilomètres, prenant la ville de Roulers et faisant 10.000 prisonniers.

A partir de cette date, les victoires des Alliés devaient se précipiter. Le 15 octobre l'armée Plumer enlevait Menin ; le 16, elle pénétrait dans Courtrai, et, le 17, Lille et Douai tombaient au pouvoir des Britanniques, tandis que l'armée du roi Albert, appuyée par la flotte anglaise, s'emparait d'Ostende et arrivait aux portes de Bruges.

On pouvait dès lors considérer que l'Entente avait gagné définitivement la guerre.

Au moment où nous écrivons ces lignes, la question de l'armistice demandé par l'Allemagne n'a pas encore reçu de solution.

LES ALLIÉS TRIOMPHENT AUSSI SUR LES FRONTS ORIENTAUX

Vaincue, la Bulgarie demande la paix

L'ARMÉE d'Orient a remporté, dans la deuxième quinzaine de septembre, une éclatante victoire : le front bulgare a été, par elle, enfoncé de Monastir au lac Doiran, sur une distance de 150 kilomètres. Après une désastreuse retraite dans laquelle l'ennemi a perdu des milliers de prisonniers, et presque tous ses canons, la Bulgarie a dû demander la paix. Cette campagne rapide et décisive n'a pas duré plus de quinze jours.

Depuis le mois de décembre 1916, les Alliés, après avoir reconquis Monastir et la boucle de la Cerna, étaient restés sur leurs positions. Seule l'excentrique expédition de juillet 1918 en Albanie avait pour but de les couvrir à leur aile gauche. Au nord de la ville la plus méridionale de la Nouvelle-Serbie, les Bulgares restaient maîtres des hauteurs dominant Monastir, et, à l'est de la branche orientale de la Cerna, entre cette rivière et le Vardar, ils occupaient tout le faîte des chaînes qui commandent la plaine au sud-ouest de Salonique et la vallée du grand fleuve macédonien. Ce système montagneux se divise en deux massifs, le Dobropolje et le Dudica, qui sont très élevés et dépassent parfois l'altitude de 2.000 mètres.

PRINCE ALEXANDRE

Commandant les troupes serbes en Macédoine.

Ce fut la partie la plus âpre et la plus abrupte, le Dobropolje, que l'état-major allié résolut d'attaquer. Les préparatifs commencèrent au mois d'août ; des routes furent tracées, des munitions accumulées ; de l'artillerie lourde montée jusque sur des positions jugées inaccessibles. Le général Franchet d'Esperey dirigea lui-même toutes ces opérations. Confiants dans des remparts de roches qu'ils pensaient imprenables, les Bulgares dédaignèrent ces travaux. Le 14 septembre, tout étant à pied d'œuvre, la canonnade commença ; le 15, après un effroyable bombardement, l'infanterie monta à l'assaut avec sa vaillance coutumière.

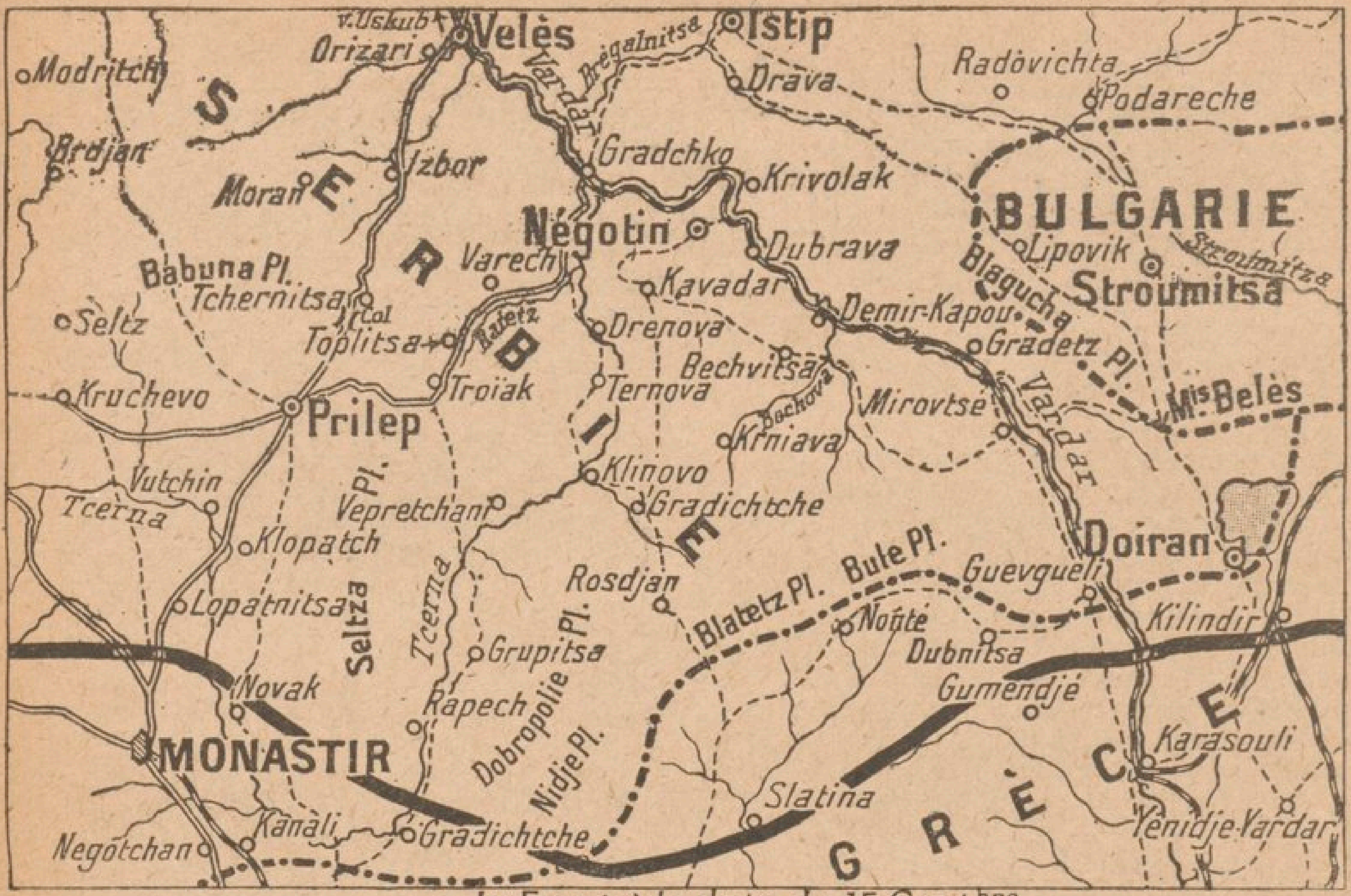
Les troupes avaient été placées sous le commandement du général en chef de l'armée serbe, le voïvode Stepanovitch. Deux divisions françaises, l'une à gauche, l'autre au centre, avaient pour objectif la première, les cimes gigantesques du Sokol et du Dobropolje, la deuxième, le fort glacis du Krantza. Une division serbe, à droite, était chargée d'enlever deux positions formidables : le Vetrenik et l'Oreille de l'Eléphant.

G[al] FRANCHET D'ESPEREY

Commandant en chef des armées alliées en Orient.

A 6 h. 35, la division française du centre, composée de coloniaux — parmi lesquels d'admirables bataillons sénégalais — avait atteint son but, mais celle de gauche était arrêtée au pied du Sokol. A 8 heures, elle arrivait enfin ; les positions étaient nettoyées. Cependant, l'ennemi, d'abord surpris, contre-attaquait. La cime du Krantza passait de mains en mains ; elle restait enfin au pouvoir de nos coloniaux. Les Serbes, à droite, avaient enlevé Vetrenik et l'Oreille de l'Eléphant. La victoire était complète ; tout le système défensif bulgare, entamé sur douze kilomètres de profondeur, cédait totalement ; 3.000 prisonniers et 50 canons étaient pris dans cette seule journée.

Après cette magistrale escalade, ce devait être ensuite une descente triomphale dans la vallée de la Cerna. Le 21 et le 22 septembre, les troupes franco-serbes atteignaient le Vardar, qu'elles longeaient de Gradsko à Demir-Kapou. Le 23, la cavalerie française entrait à Prilep, et les éléments avancés

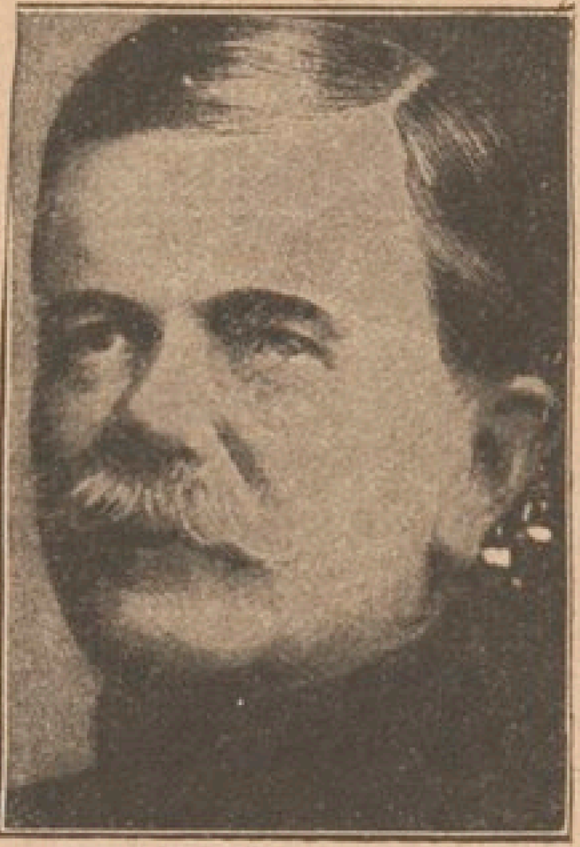


le Front à la date du 15 Septbre

progressaient vers la fameuse passe de la Babouna. Ces résultats étaient magnifiques.

Pendant ce temps, des forces anglo-helléniques attaquaient en direction de Guevgueli, sur la rive droite du Vardar. Elles se heurtaient à une sérieuse résistance. Mais les Bulgares ne pouvaient se maintenir sur le massif de Marianska et de Dudica, quand, derrière eux, les Franco-Serbes descendaient la vallée de la Cerna et débouchaient sur le Vardar. La retraite rapide s'imposait.

D'une manière générale, le 25 septembre, toutes les forces ennemies, entre Monastir et le Vardar étaient, soit détruites, soit en déroute. Leurs débris se dirigeaient au nord du Vardar, vers Vélès et Istip, sur notre gauche, et vers Stroumitza, sur notre droite. Ces forces comprenaient : 1° la 11e armée allemande, commandée par le général von Scholz, et composée théoriquement de deux corps d'armée, mais, en réalité, ne comprenant guère que des états-majors et quelques corps spéciaux ; et l'infanterie étant fournie par des troupes bulgares des 1re, 2e, 3e et 4e divisions. Cette armée a été complètement enfoncee. Une faible partie seulement a pu repasser le Vardar ; 2° la 1re armée bulgare, qui tenait le secteur Dudica-Doiran, et qui a été entraînée par la débâcle de la 11e armée allemande.



GÉNÉRAL VON SCHOLZ
Commandant les divisions allemandes combattant avec les Bulgares.

Si la deuxième de ces armées a pu se replier dans un ordre relatif sur Stroumitza (qui se trouve en territoire bulgare), il n'en a pas été de même de la première, qui, mitraillée par les avions dans la vallée de la Cerna, poursuivie sans relâche en queue et tournée à sa gauche, a semé les routes de ses cadavres, laissé aux mains des Serbes et des Français des milliers de prisonniers, presque toute son artillerie et un innombrable matériel.

La poursuite continuait. A notre gauche, les avant-gardes serbes entraient à Velès, puis c'était la marche sur Uskub, où bientôt la cavalerie française entrait. Les Serbes atteignaient au centre Istip, puis Kochana, et approchaient de la frontière bulgare. A notre droite, les troupes anglo-hellènes pénétraient en Bulgarie et s'emparaient de Stroumitza.

Le 27 septembre, un officier supérieur bulgare se présentait aux avant-postes alliés, et, conduit devant le général Franchet d'Esperey, demandait, d'urgence, au nom de l'armée et du gouvernement bulgares, un armistice pour entamer les négociations de paix.

Le commandant en chef de l'armée d'Orient refusait toute suspension d'armes, mais se déclarait prêt à recevoir les délégués bulgares. Le 29, ceux-ci, réunis à Salonique, acceptaient toutes les conditions des Alliés, et l'armistice était signé. Quelques jours plus tard, on apprenait que le tsar Ferdinand avait abdiqué en faveur du prince Boris.

L'écrasement des armées turques en Palestine

En même temps que l'armée d'Orient faisait capituler la Bulgarie, l'armée anglaise de Palestine remportait une victoire écrasante, décisive sur les Turcs.

L'attaque générale se déclancha le 18 septembre. Les troupes anglo-indiennes, avançant à l'est de la route de Jérusalem-Naplouse, interceptèrent les communications turques vers le sud-est et vers Naplouse. Alors, tandis que l'armée ottomane se mettait en marche pour parer au mouvement dans la direction de Naplouse, l'attaque principale britannique se déploya le 19, entre Rafah et la côte, c'est-à-dire sur la droite des Turcs, alors que ceux-ci l'attendaient à leur gauche. A 4 h. 30 du matin, après un court bombardement, l'infanterie se portait à l'assaut, et, bénéficiant de la surprise, perçait complètement tout le système défensif de l'ennemi. Lorsque les lignes turques furent dépassées d'environ huit kilomètres, les troupes britanniques obliquèrent à l'est. La jonction de Tul-Keram fut occupée, à vingt kilomètres de la ligne de départ.

LE THÉATRE DE LA VICTOIRE ANGLAISE

Mais c'est surtout l'intervention de la cavalerie qui décida le succès de toute l'affaire. Se portant résolument en avant, couvrant une distance considérable, elle alla se placer derrière les communications de l'ennemi. Un fort contingent de cavaliers indiens, anglais et australiens, longeant la côte, s'avança à plus de trente kilomètres au nord, s'emparant des jonctions de routes d'Huduira à Liktra. Les unités navales appuyaient le mouvement en balayant de leurs feux les routes de la côte.

Enfin, à l'est du Jourdain, les Arabes intervenaient et coupaient les voies ferrées dans la direction de Deraa. Bref, les forces turques, entre le Jourdain et la mer, se trouvaient, dès cette première journée de combat, prises à revers par la cavalerie britannique.

Les jours suivants, l'encerclement de l'armée ennemie ne fit que s'affirmer et se compléter. Le seul gué du Jourdain laissé libre fut occupé. L'infanterie britannique, s'avançant au sud-ouest et au sud-est de Naplouse, poussait les Turcs fugitifs dans les jambes des chevaux des cavaliers, qui les attendaient sur toutes les routes. Le 20 septembre, la cavalerie britannique occupait Nazareth. Les débris de l'armée ottomane étaient réduits à la capitulation. Le 23, le nombre des prisonniers était de 25.000; le 25, il atteignait 40.000, et les canons capturés s'élevaient au chiffre de 260, soit à peu près la totalité de l'artillerie des Turco-Allemands. Le 24, sur la côte, Saint-Jean-d'Acre et Caïffa étaient pris ; le 25, l'armée britannique entrait à Tibériade. Le 2 octobre, Damas, capitale de la Syrie, était prise, avec un total de prisonniers dépassant 75.000.

LIMAN VON SANDERS
Commandant allemand des forces ottomanes en Palestine.

Le front turc de Palestine était tenu par trois armées, les 7e, 8e et 9e, mais les effectifs en étaient très réduits, et il est probable qu'à l'heure actuelle, leur quasi-totalité est, ou détruite ou prisonnière. Sur les 200.000 hommes que comptait, au total, l'armée ottomane — épuisée, ne l'oublions pas, par six années de guerre — le front de Palestine en absorbait certainement le

tiers. C'est donc un véritable désastre éprouvé par cette armée, que ses alliés se sont trouvés dans l'impossibilité de secourir utilement.

Des contingents français, commandés par le colonel de Piépape, ont pris une part glorieuse à la victoire du général Allenby.

L'action des Alliés dans la Sibérie orientale

Le 5 août, les Etats-Unis consentaient à une intervention alliée en Sibérie. Le but de cette expédition ne devait pas être, en principe, militaire ; il devait consister à apporter une aide aux contingents Tchéco-Slovaques en lutte avec les prisonniers austro-allemands, et ensuite aux Russes désireux de se réorganiser et de se soustraire à la tutelle étrangère.

Gal KIKOUZO-OUTANI
Commandant le corps japonais de Sibérie.

Les opérations militaires consistèrent à grouper les éléments hostiles à nos ennemis, à assurer leur marche convergente et à détruire le corps adverse, qui se proposait d'interdire leur jonction. Les forces alliées débarquées à Vladivostok marchèrent d'abord sur la rivière Oussouri. Après des péripéties diverses, le corps austro-allemand-bolchevik y fut battu et dispersé. La cavalerie japonaise rayonna dans la province de l'Amour, pendant qu'un autre de ses détachements, passé par la Mandchourie, arrivait à Tschita, assurant la jonction avec les Tchéco-Slovaques partis du Baïkal et descendant l'Amour dans la direction de Blagovechtchensk. A la fin de septembre, toutes les forces alliées pouvaient être considérées comme soudées ou en contact les unes avec les autres ; les provinces du Transbaïkal et de l'Amour étaient en grande partie occupées, et le Transsibérien saisi jusqu'à Irkoutsk. En même temps que se déroulaient ces divers événements, les Alliés déjà débarqués en juillet sur la côte mourmane, avaient occupé, le 2 août, Arkhangel. Un corps, commandé par le général anglais Poole, remonta la Dvina, détruisant sur ce fleuve les principales forces maritimes et terrestres des bolcheviks. De leur côté, les troupes germano-finlandaises, qui s'étaient avancées en Carélie pour couper le chemin de fer de Kola, furent battues à plates coutures dans les premiers jours de septembre.

GÉNÉRAL W.-S. GRAVES
Commandant les forces américaines en Sibérie.

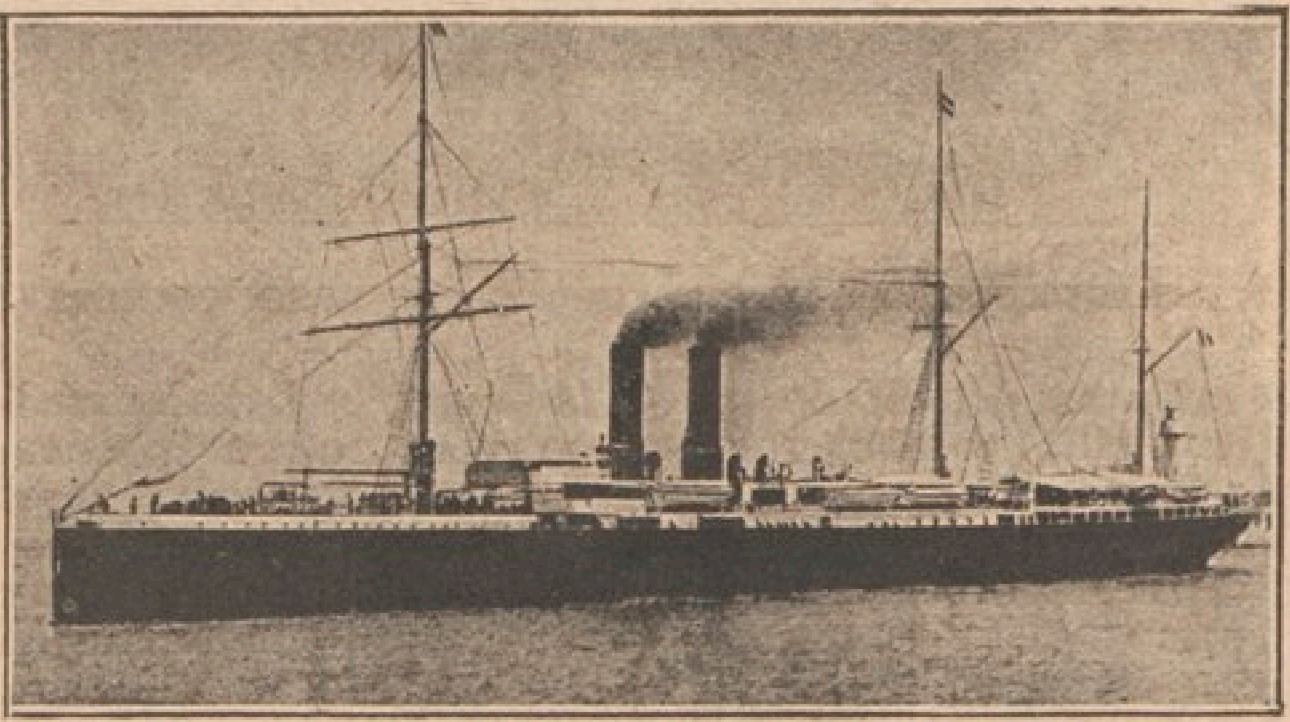
En résumé, une armée russe était en voie de se concentrer en Sibérie. Des volontaires et les recrues des deux plus jeunes classes, mobilisées, avaient constitué un contingent de 150.000 hommes, qui demandait seulement à être équipé. Le général Alexeief commandait ces forces destinées à assurer également notre victoire sur ce nouveau champ de bataille.

LE CHAMP D'ACTION DES ALLIÉS EN SIBÉRIE

LA GUERRE SUR MER ET DANS LES AIRS

On sait comment, à la suite des odieux torpillages de ses navires, l'Espagne a informé l'Allemagne qu'elle prendrait en gage les navires allemands internés dans ses ports. Cette attitude énergique a provoqué une vive stupeur à Berlin, où l'on a cherché à désarmer le gouvernement de Madrid par d'illusoires concessions, mais sans y parvenir.

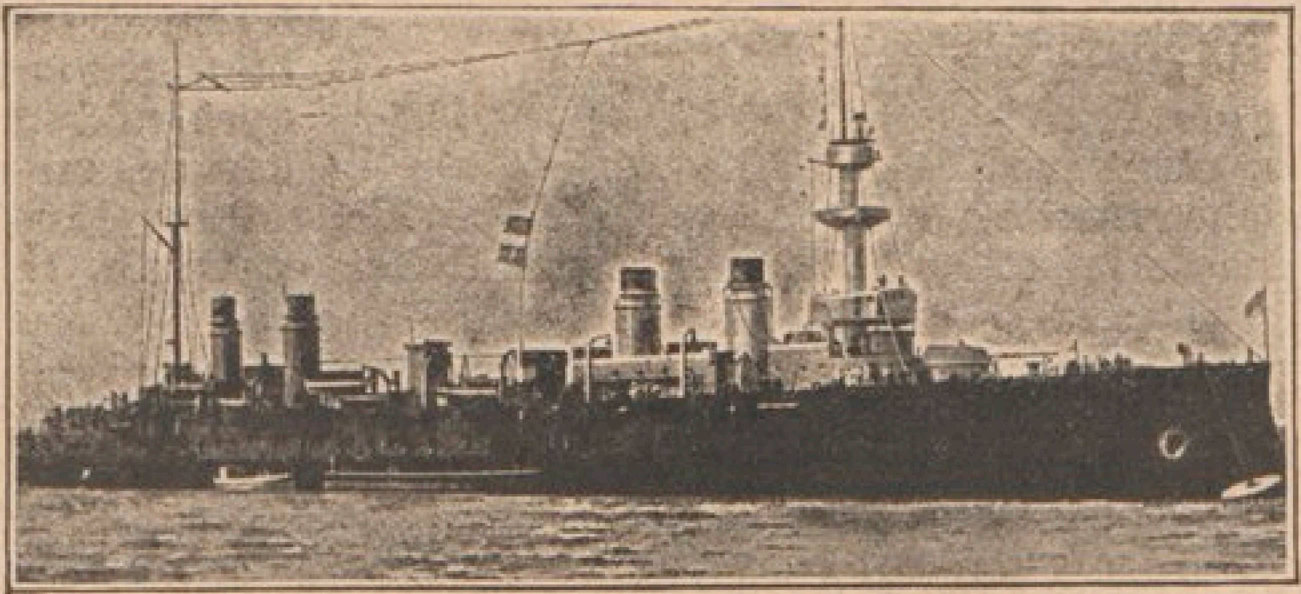
Comme compensation au déboire espagnol, un sous-marin allemand a violé la neutralité norvégienne, en tirant sur un vapeur charbonnier suédois qui se trouvait dans les eaux territoriales. Il ne faut pas exagérer l'incident, mais les petits neutres sentent très bien les offenses dont ils sont victimes, et ce n'est pas là ce qui les rapprochera de l'Allemagne, au lendemain de sa défaite.



L' «AUSTRALIEN», TORPILLÉ LE 19 JUILLET 1918

La piraterie germanique n'en a pas moins commis plusieurs crimes, au cours de ces dernières semaines. Il faut citer en tête le torpillage du transport ambulance *Warilda*, coulé le 3 août, au moment où il rentrait au port ; il y eut 123 morts.

Nous avons perdu, pour notre part, le vieux croiseur *Dupetit-Thouars*, coulé le 7 août; précédemment, le transport *Djemmah* avait été détruit en Méditerranée, entraînant avec lui 442 victimes, et le torpillage d'un autre transport, l'*Australien*, avait également causé la perte de nombreuses vies. Dans la nuit du 15 au 16 août, ce fut le tour du vapeur *Balkans*, littéralement coupé en deux par l'explosion de la torpille du sous-marin allemand. Trente secondes après, le navire était englouti. 83 personnes seulement purent se sauver, parmi lesquelles 7 femmes, 2 officiers, 44 militaires et 6 marins, tous permissionnaires, ainsi que 19 membres de l'équipage, Beaucoup de victimes ont été tuées par l'explosion. Les passagers qui se trouvaient à l'avant et à l'arrière du navire furent jetés à la mer et se noyèrent immédiatement.



LE «DUPETIT-THOUARS», COULÉ LE 7 AOUT 1918

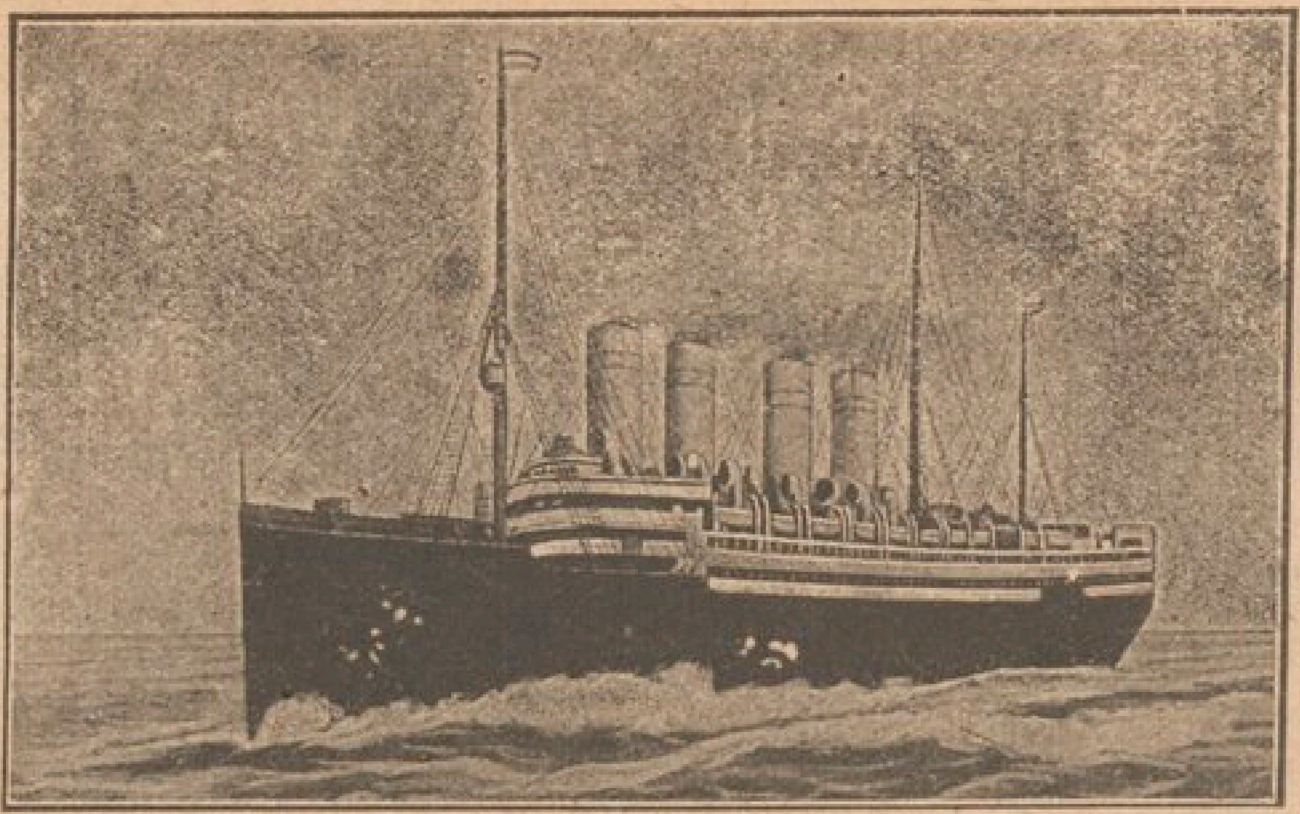
Ajoutons à ces pertes celle du paquebot anglais *Galway Castle*, ayant à bord plusieurs centaines de passagers ; 150 de ces derniers périrent ainsi que l'équipage. Enfin, l'ancien transatlantique allemand *Kronprinzessin Cecilie*, saisi par les Américains, et devenu le transport *Mount-Vernon*, fut également torpillé, mais il réussit à atteindre un port, et, vers la fin de septembre, il était en état de reprendre la mer.

Quant aux opérations navales proprement dites, elles ont été nulles. On ne peut signaler qu'une attaque contre Dunkerque, exécutée par des canots automobiles ennemis, dans la matinée du 23 août. Aperçus par les patrouilleurs anglais et français, ils furent vigoureusement chassés avant d'avoir pu remplir leur mission. L'un d'eux fut détruit, croit-on, et il n'y eut aucune perte, ni aucun dommage sérieux de notre côté.

Tel est, brièvement présenté, le bilan de la guerre maritime dans les deux derniers mois. On voit que nous sommes plus éloignés que jamais de cette brillante action de la grande flotte allemande, appelée à conquérir la domination des océans.

D'autre part, la supériorité aérienne des Alliés n'a fait que grandir en ces dernières semaines, et nous ne trahirons aucun secret militaire quand nous dirons que cette supériorité est appelée à s'accroître rapidement dans des proportions considérables, grâce à l'appoint de la production américaine, dont on connaît la prodigieuse vigueur.

L'Allemagne, qui a un parfait dédain



LE PAQUEBOT ALLEMAND « KRONPRINZESSIN-CECILIE »

pour le droit, et qui ne tient aucun compte, quand elle se croit la plus forte, des principes d'humanité, s'est acharnée sur les villes ouvertes, sur les populations civiles, tant qu'elle a cru n'avoir rien à craindre chez elle. C'est avec une sauvagerie voulue, préméditée, qu'elle a tué des femmes, des vieillards, des enfants, détruit de précieux monuments, de vieilles et nobles églises, anéanti ce qui nous venait du passé. Les protestations universelles cent fois répétées ne la troublèrent pas.

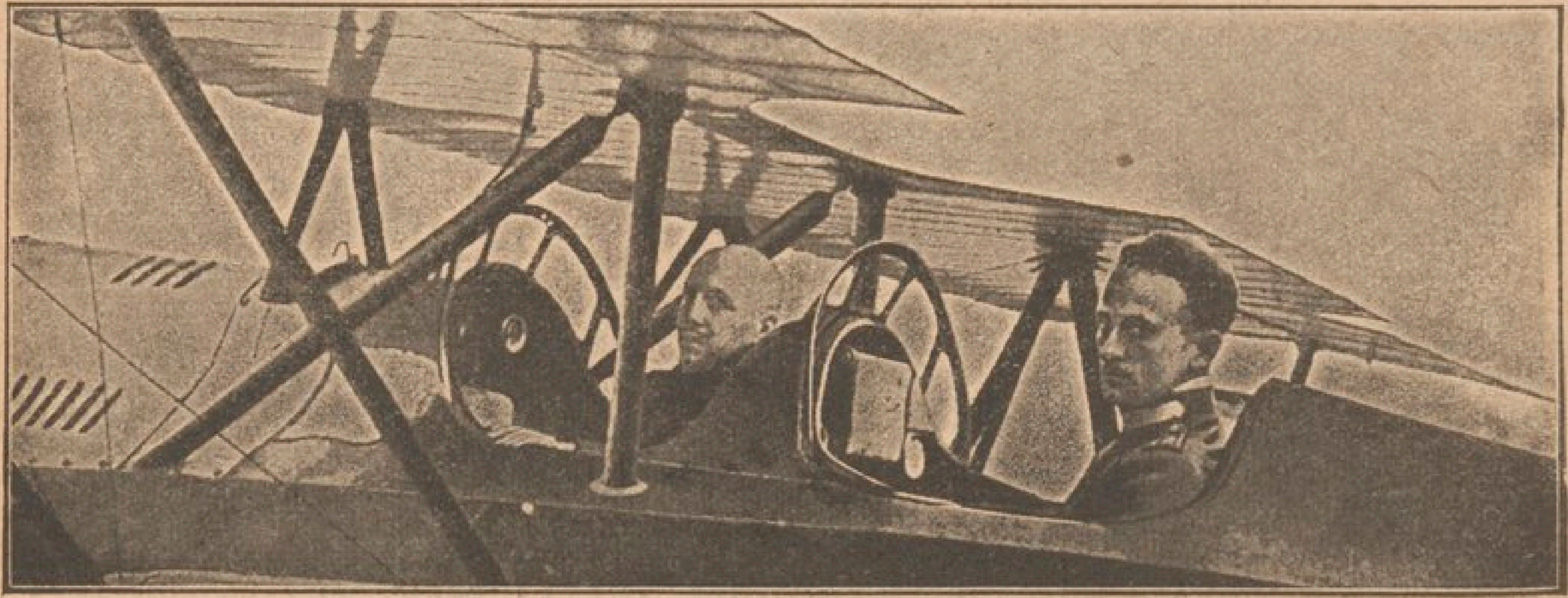
Maintenant, il n'en est plus de même. Les populations du sud et celles de la vallée du Rhin, prises de panique, demandent que les bombardements aériens leur soient épargnés. C'est un peu tard, nous l'avons déjà dit, et, désormais, chaque jour est marqué par une nouvelle expédition, presque toujours heureuse, de l'aviation britannique. Dans le seul mois d'août, plus de vingt villes importantes allemandes ont été bombardées. La liste s'établit de la manière suivante : trois fois, les usines et les chemins de fer de Francfort, les industries chimiques de Mannheim, les chemins de fer de Metz-Sablons, les chemins de fer et les fabriques de Sarrebourg, Thionville, Trèves. Une fois, les villes suivantes : Bettembourg, Burbach, Coblence, Cologne, Darmstadt, Dillingen, Duren, Ehrange, Carlsruhe, Luxembourg, Offenbourg, Remilly, Rombach, Saaraube, Volklingen.

L' « AS » ALLEMAND LOWENHARDT

Tué sur le front français.

Le mois de septembre n'a pas été moins bien employé. Au hasard des communiqués, on peut relever plusieurs fortes attaques sur les aérodromes de Morhange, un magnifique raid sur les usines chimiques de Mannheim, un autre sur Stuttgart, le 15, et, le lendemain, des bombardements violents de Mayence et de Carlsruhe, immédiatement suivis d'attaques sur Mannheim, Trèves et Francfort, Cologne, Kaiserslautern, etc. Il s'agit donc d'une activité considérable, qui entre pour une bonne part dans la démoralisation qui, de plus en plus, en cette cinquième année de la guerre, se manifeste terriblement chez le peuple allemand

Qu'ont été, en revanche, les tentatives ennemies ? Bien faibles, par comparaison. Quelques raids sur Calais et Dunkerque, un autre sur la région d'Abbeville, un sur Nancy, une excursion vers Rouen et Calais, telles sont, avec un



GABRIELE D'ANNUNZIO ET LE CAPITAINE BELTRAMO A BORD DE LEUR AVION

LIEUTENANT GUÉRIN

Mort accidentellement après 23 victoires.

raid de Zeppelins vers l'Angleterre, et une attaque contre Paris, les principales actions des aviateurs allemands. Les dirigeables géants échouèrent comme de coutume, et l'un d'eux tomba en flammes dans les flots. Quant au raid sur Paris, accompli dans la nuit du 15 au 16 septembre, il causa des dégâts et fit quelques victimes, mais fut surtout marqué par la destruction de deux des appareils ennemis. Nous ne pouvons cependant pas passer sous silence le bombardement aérien de l'hôpital d'évacuation de Châlons-sur-Marne, bombardement odieux qui fit 60 victimes.

Parmi les faits les plus curieux de la dernière période, il importe de signaler le raid magnifique des huit appareils italiens qui, sous le commandement de Gabriele d'Annunzio, après un vol de 1.000 kilomètres dont 800 en territoire ennemi, vinrent lancer sur Vienne, à 9 h. 20 du matin, des manifestes où il était dit, notamment : « Viennois ! Apprenez à connaître les Italiens. Nous survolons Vienne ; nous pourrions lancer des tonnes de bombes sur votre ville, mais nous ne lançons que le salut de nos trois couleurs de liberté. Nous, les Italiens, nous ne faisons pas la guerre aux enfants, aux vieillards, aux femmes ; nous faisons la guerre à votre gouvernement, ennemi des libertés nationales, gouvernement aveugle, entêté et cruel, qui ne sait vous donner ni liberté ni pain et vous nourrit de haine et d'illusions. Viennois, vous avez la réputation d'être intelligents. Pourquoi donc avoir revêtu l'uniforme prussien ? Désormais, vous voyez tout le monde se tourner contre vous. »

LIEUTENANT PUTNAM

L'« as des as » américains, tué en combat aérien.

Depuis, accomplissant un autre tour de force, d'Annunzio s'est rendu en trois heures de Turin à Châlons-sur-Marne et il est retourné en Italie par la voie des airs.

MAURICE BOYAU

Tué en combat aérien après 32 victoires.

Quant à nos aviateurs, ils se sont distingués, dans le présent, autant que dans le passé, et Fonck, continuant ses exploits, et approchant de sa soixante-dixième victoire, a renouvelé un de ses plus sensationnels coups d'éclat, abattant six avions ennemis dans la seule journée du 26 septembre. Près de lui, il faut citer Erlich, aujourd'hui prisonnier, le sous-lieutenant Coiffard, le Belge Coppens, le vaillant Nungesser qui, le 14 août, incendiait quatre ballons captifs ; le capitaine Pinsard, le lieutenant de Romanch, le sous-lieutenant Ambrogi, le sous-lieutenant Hérisson, etc. Tant d'audace ne va pas, malheureusement, sans amener des pertes douloureuses. C'est ainsi que nous avons eu à regretter celle du populaire Maurice Boyau, disparu le 16 septembre, au cours d'un combat aérien, où l'on vit son appareil tomber enflammé dans les lignes ennemies. Il en était à sa trente-deuxième victoire. Un autre brave, le lieutenant Guérin, a été victime d'un accident d'aérodrome.

S.-LIEUT. COIFFARD

Au 15 septembre, il avait abattu 30 avions ennemis.

L'aviation américaine a perdu Putnam, qui comptait douze succès à son actif. Il patrouillait avec un camarade, quand sept avions allemands les attaquèrent. Son camarade fut assez heureux pour se tirer d'affaire, après un terrible combat avec trois des ennemis, mais le lieutenant Putnam eut à lutter contre les quatre autres fokkers, et, au cours de la lutte, il fut mitraillé et précipité à terre. Quant aux Allemands, ils ont à enregistrer la perte de leur fameux « as » Lowenhardt, à qui le communiqué ennemi attribuait une soixantaine de victoires.

CHRONOLOGIE DES FAITS DE GUERRE

(Nous reprenons cette chronologie aux dates suivant immédiatement celles où nous avons dû l'interrompre dans notre précédent numéro.)

FRONT OCCIDENTAL

Août 1918

Le 9. — *L'offensive anglo-française se poursuit, nos troupes atteignent Hangest et Arvillers, à quatorze kilomètres de leur point de départ; les Anglais achèvent de dégager Amiens; près de 300 canons ont été pris.*

Le 10. — *Nous reprenons Montdidier et nous menaçons Roye; au centre de la bataille, nos alliés, progressant vers Chaulnes, dépassent Lihons.*

Le 12. — *Malgré une résistance de plus en plus vive des Allemands, nous nous emparons des Loges, de Grury et les Anglais enlèvent Proyart.*

Le 13. — *Avance nouvelle vers Lassigny. A ce jour, le chiffre des prisonniers atteint 35.000.*

Le 14. — *Nous prenons Ribécourt. — Les Allemands évacuent leurs positions avancées au nord de l'Ancre, sur le front anglais. — Vaine attaque ennemie contre les Belges, à l'est de Nieuport.*

Le 15. — *Progrès à l'ouest de Ribécourt. — Les Anglais prennent Damery et Parvillers.*

Le 16. — *Nous pénétrons dans le bois des Loges, qui couvre Lassigny. — A Damery, les Anglais repoussent une forte-attaque allemande et font des prisonniers.*

Le 17. — *Devant Roye, nous enlevons les tranchées dites du camp de César, et, sur un front de 5 kilomètres, nous avançons de 1.500 mètres dans la région d'Autrèches.*

Le 19. — *Nous avançons de deux kilomètres entre l'Oise et l'Aisne, sur quinze kilomètres; nous approchons de Lassigny et nous faisons 2.200 prisonniers. — Les Anglais enlèvent Merville.*

Le 20. — *Nouvelle offensive Mangin, entre l'Oise et l'Aisne; progression de quatre kilomètres sur vingt-cinq de large; 8.000 prisonniers. Nous enlevons Beuvraignes.*

Le 21. — *L'armée Mangin prend Carlepont et atteint l'Oise au sud de Noyon; l'armée Humbert enlève Lassigny; les Anglais attaquent au nord de l'Ancre et s'emparent de plusieurs villages.*

22. — *Les Anglais prennent Albert; en deux jours, ils ont fait 5.000 prisonniers. — L'armée Mangin augmente son avance.*

23. — *Les armées britanniques attaquent victorieusement du sud d'Arras au nord de Lihons, progressent dans la direction de Bapaume et font plusieurs milliers de [pris]onniers.*

Le 24. — *Les Anglais prennent Bray-sur-Somme, entament le massif de Thiepval et parviennent aux lisières de Bapaume.*

Le 25. — *Poursuivant leur victorieuse avance nos alliés anglais débordent Bapaume jusqu'à Favreuil, encerclant la ville aux trois quarts.*

Le 26. — *Au nord et au sud de la Scarpe, les Anglais prennent Wancourt, Monchy-le-Preux, et enlèvent les hauteurs entre Croisilles et Héninel.*

Le 27. — *Dans une avance de quatre kilomètre sur vingt de large, nous enlevons de nombreuses localités, y compris Roye. — Série de succès anglais dans la région de Bapaume; les Néo-Zélandais atteignent les faubourgs de cette ville.*

Le 28. — *Les Allemands reculent jusqu'à la Somme, que nous bordons de l'est de Chaulnes à l'est de Nesle; en deux jours, plus de soixante-dix villages ont été délivrés; nous nous emparons d'un matériel considérable. — Les Anglais se battent devant Péronne; ils prennent Croisilles, Pelves, diverses autres localités, et pénètrent sur plusieurs points dans la ligne Hindenburg.*

Le 29. — *L'armée Humbert chasse les Allemands de Noyon, et les Anglais prennent Bapaume. Les Belges attaquent et progressent sur un front de trois kilomètres, devant Langemarck; ils infligent de grosses pertes à l'ennemi.*

Le 30. — *Les Anglais progressent dans la région de Bapaume. Ils occupent Bailleul. — L'armée Debeney passe le canal du Nord; celle d'Humbert, à l'est de Noyon, prend le mont Saint-Siméon; celle de Mangin pousse jusqu'à Crouy, au nord-est de Soissons.*

Le 31. — *Les Australiens prennent d'assaut le mont Saint-Quentin, qui domine Péronne. — En Flandre, les Anglais s'emparent du mont Kemmel. — L'armée Mangin enlève Juvigny, Leury et Crouy, en liaison avec les Américains.*

Septembre

Le 1er. — *Les Australiens prennent Péronne. — Au sud-est de Combles, les Anglais prennent Bouchavesnes et Raucourt et font 2.000 prisonniers. — Les reconnaissances britanniques progressent vers Lens. — L'armée Mangin atteint les bois voisins de Coucy-le-Château. — Au nord de l'Aisne, les Américains progressent dans la région de Juvigny*

Le 3. — *Avance anglaise vers Lens et La Bassée; occupation de Queant et des lisières de Lens. — Nous franchissons la Somme à*

Epenancourt. — La retraite ennemie s'accentue.

Le 4. — *L'armée Humbert, enfonçant l'ennemi entre le sud de Ham et l'est de Noyon, s'empare de Guiscard. Nous franchissons la Vesle sur une largeur de trente kilomètres, et nous atteignons les crêtes de Baslieux. — Les Anglais passent le canal du Nord, atteignent les bois d'Havrincourt et entrent dans Mœuvres.*

Le 5. — *Les Franco-Américains, sur le front de la Vesle, occupent les hauteurs qui dominent l'Aisne. Nous prenons Falvy-Offoy, les deux Coucy, trente autres villages, et nous abordons le massif de Saint-Gobain. — Les troupes britanniques avancent au nord et au sud de Péronne; en quatre jours, nos alliés ont fait près de 20.000 prisonniers et pris 100 canons.*

Le 6. — *Nous occupons Ham et Chauny, Fresnes et Quincy-Basse, près du massif de Saint-Gobain, ainsi que Vauxaillon et Laffaux, menaçant le Chemin-des-Dames.*

Le 7. — *Nous dépassons Ham; nous occupons Tergnier, ainsi que la basse forêt de Coucy; nous sommes à deux kilomètres de La Fère. — Les Anglais, en progression continue, parviennent à 10 kilomètres de Saint-Quentin. — L'armée Mangin avance au nord, à l'ouest et au sud du massif de Saint-Gobain.*

Le 9. — *Nouvelle avance française vers Saint Quentin et La Fère. — Les Anglais s'emparent de la crête et des bois de Gouzeaucourt.*

Le 10. — *Nous occupons Grand-Séraucourt, à sept kilomètres de Saint-Quentin.*

Le 11. — *Les Allemands attaquent six fois nos positions de Laffaux et sont six fois repoussés.*

Le 12. — *Offensive américaine dans la région de Saint-Mihiel; nos alliés progressent de huit kilomètres sur divers points et font 8.000 prisonniers. — Les Anglais prennent Mœuvres, Trescault, continuent à franchir le canal du Nord et font un millier de prisonniers.*

Le 13. — *La ville de Saint-Mihiel est libérée; l'avance américaine atteint vingt kilomètres, et il y a plus de 15.000 prisonniers.*

Le 14 — *L'armée Mangin enlève le moulin de Laffaux, le village d'Allemant et fait près de 3.000 prisonniers.*

Le 15. — *L'armée Mangin s'empare du plateau de Vauxaillon et s'approche du Chemin-des-Dames. — L'avance américaine se poursuit sur la rive gauche de la Moselle et au delà de Jaulny; capture de 72 canons.*

Le 16. — *Prise de Vailly par l'armée Mangin. — Les Anglais avancent de deux milles sur le canal Ypres-Comines et font plusieurs milliers de prisonniers.*

Le 17. — *Sanglantes contre-attaques ennemies sur tout le front anglo-français, repoussées partout, sauf à Mœuvres, que les Allemands reprennent aux Anglais.*

Le 18. — *Attaque anglo-française, sur un front de 35 kilomètres, en direction de la route de Saint-Quentin à Cambrai; les avancées de la ligne Hindenburg sont généralement emportées. Les Anglais font plus de 10.000 prisonniers et prennent 60 canons.*

Le 19. — *L'attaque franco-anglaise se poursuit heureusement malgré la violente résistance ennemie. Nous progressons autour de Saint-Quentin.*

Le 20. — *Les Anglais reprennent Mœuvres.*

Le 21. — *L'ennemi multiplie ses contre-attaques sur le front anglais, sans arrêter l'avance de nos alliés. — Dans la région de Saint-Quentin, nous prenons Benay.*

Le 22. — *Nous élargissons nos positions au sud de Saint-Quentin.*

Le 23. — *Nous nous emparons du fort et du village de Vendeuil, au sud de Saint-Quentin et nous bordons l'Oise entre Vendeuil et Travecy.*

Le 24. — *En liaison avec les Anglais, à l'ouest de Saint-Quentin, nous prenons Francilly-Selency, l'épine et le village de Dallon; 1.300 prisonniers.*

Le 25. — *Nombreuses et violentes contre-attaques allemandes, toutes repoussées. Les Anglais s'emparent de Selency*

Le 26. — *Grande offensive franco-américaine entre Reims et Verdun; les Américains avancent de douze kilomètres, prennent Vauquois, Montfaucon, une douzaine d'autres localités et font plus de 5.000 prisonniers; nos troupes avancent également de plusieurs kilomètres.*

Le 27. — *Les Américains progressent de six kilomètres au nord de Varennes et font 3.000 nouveaux prisonniers; ils ont pris plus de cent canons. — Les Français enlèvent Tahure, la ferme Navarin, la butte de Souain, Grateuil, etc., et font plus de 10.000 prisonniers. — Les Anglais attaquent vers Cambrai, franchissent le canal du Nord, s'approchent à cinq kilomètres de Cambrai et font plus de 6.000 prisonniers.*

Le 28. — *Offensive anglo-belge de Dixmude à Ypres, sous le commandement du roi Albert; les premières défenses allemandes et la forêt d'Houthulst sont enlevées. — La progression anglaise se resserre autour de Cambrai; plus de 200 canons ont été pris. — L'armée Mangin enlève Somme-Py et contraint l'ennemi à se replier sur l'Ailette. — Les Américains dégagent vingt villages et atteignent sept kilomètres au nord de Montfaucon.*

Le 29. — *L'offensive anglo-belge se poursuit; les Belges sont à quatre kilomètres de Roulers; 9.000 prisonniers et 200 canons. — Nous débordons le Chemin-des-Dames et nous franchissons la route de Saint-Quentin à La Fère. — Au nord de l'Aisne, nous enlevons la forêt de Pinon. — En Champagne, l'armée Gouraud s'empare du mont Cervelet, de Bouconville, etc., et pénètre dans Sainte-Marie-à-Py.*

Le 30. — *L'armée Berthelot entre dans la bataille et progresse au nord de la Vesle; l'armée Mangin avance entre l'Aisne et le Chemin-des-Dames; les Italiens, au nord de l'Aisne, occupent Soupir; l'armée Gouraud parvient à six kilomètres de Vouziers; les Belges approchent de Roulers, et l'armée anglaise du général Plumer déborde la Lys au nord de Lille.*

Octobre

Du 1er au 5. — *Nos succès s'accentuent de la mer du Nord à la Meuse. Les Anglais ont repris Lens et Armentières.*

Le 6. — *Les puissances centrales et leurs alliés adressent au président Wilson une demande d'armistice en vue de la conclusion de la paix*

FRONT D'ORIENT

Août 1918

Le 12. — *Les Bulgares, après un violent bombardement, attaquent les positions de Gere-Porogani (Albanie), et sont repoussés avec de grosses pertes.*

Le 23. — *De grosses forces autrichiennes attaquent les Italiens dans la région du Semeni inférieur et supérieur (Albanie) et réalisent une légère avance sur divers points.*

Septembre

Le 15. — *Offensive franco-serbe entre Monastir et le Vardar; le front bulgare est troué sur quinze kilomètres.*

Le 16. — *Les Franco-Serbes élargissent leur succès; la brèche atteint vingt-cinq kilomètres sur plus de sept de profondeur; le chiffre des prisonniers dépasse 4.000.*

Le 17. — *Malgré l'arrivée des renforts allemands, les Franco-Serbes poursuivent leur avance, enlevant des positions importantes et prenant près de 60 canons, dont 20 lourds.*

Le 18. — *Dans la région de la Cerna, les bataillons bulgares fuient en désordre. Dans la région de Doiran, les Anglais et les Grecs attaquent et s'emparent des premières positions ennemies.*

Le 19. — *Les opérations se poursuivent heureusement, malgré la résistance ennemie; les prises atteignent 6.000 prisonniers et près de 100 canons.*

Le 20. — *Entre le Vardar et la Cerna, la fuite de l'ennemi se précipite. L'avance serbe vers le nord, dans cette seule journée, dépasse quinze kilomètres.*

Le 21. — *Les Franco-Serbes dépassent, au nord, Vezarci et Kavadar, s'emparant d'un gros matériel. Les Italiens occupent les positions bulgares dans l'arc de la Cerna.*

Le 22. — *Les Bulgares reculent sur cent cinquante kilomètres; les Franco-Serbes marchent sur Prilep; les Italiens opèrent à douze kilomètres au nord de Monastir; les Gréco-Anglais prennent Guevgueli.*

Le 23. — *La cavalerie française entre à Prilep; les Serbes menacent Velès; les avant-gardes anglaises approchent du territoire bulgare; le chiffre des prisonniers est considérable et le butin en canons, munitions, etc., devient énorme.*

Le 14. — *Les forces alliées dépassent Prilep, marchant vers le nord; l'avance est générale sur tout le front.*

Le 25. — *L'armée britannique franchit la frontière bulgare et marche vers Stroumitza. Les Serbes prennent Velès. On a déjà dénombré plus de 10.000 prisonniers et de 200 canons.*

Le 26. — *La Bulgarie demande un armistice pour négocier la paix; le général Franchet d'Esperey dit qu'il recevra les négociateurs, mais refuse l'armistice. — Les Anglais occupent Stroumitza.*

Le 27. — *Avance générale sur tout le front. Les Serbes parviennent à trente-cinq kilomètres d'Uskub, et à moins de dix de la frontière bulgare.*

Le 28. — *Prise d'Ochrida, nouvelle avance vers Uskub; la cavalerie serbe franchit la frontière bulgare.*

Le 29. — *Les délégués bulgares signent l'armistice, acceptant toutes les conditions de l'Entente. — Occupation d'Uskub par la cavalerie française.*

Le 30. — *La Bulgarie commence à exécuter les conditions de l'armistice.*

PALESTINE

Août 1918

Le 13. — *Succès d'opérations anglaises sur la route de Jérusalem à Naplouse; 200 morts, 200 prisonniers, important matériel conquis.*

Septembre

Le 18. — *Attaque générale du Jourdain à la mer; les positions ennemies sont partout enfoncées; 3.000 prisonniers; les contingents d'attaque comprenaient des Anglais, des Australiens, des Indiens, des Arabes et des Français.*

Le 21. — *Vaste mouvement tournant des alliés, qui font 18.000 prisonniers.*

Le 22. — *La retraite turque, sur le Jourdain, est rendue impossible; 25.000 prisonniers, au total, et prise de 260 canons.*

Le 23. — *Les Anglais occupent Saint-Jean-d'Acre et Caïffa.*

Le 24. — *Poursuite des derniers éléments ennemis dans la direction d'Amman. Le chiffre des prisonniers dépasse 40.000, et l'on a pris 265 canons.*

Le 25. — *Les Anglais occupent Tibériade; leur cavalerie entre dans Amman; le nombre des prisonniers s'accroît et dépasse 45.000.*

Le 27. — *Les troupes anglaises opèrent leur jonction avec l'armée arabe. Le total des prises comprend 325 canons et 50.000 prisonniers.*

Le 30. — *On annonce qu'une nouvelle armée turque a été détruite en Palestine; 10.000 prisonniers.*

Le Gérant : Lucien JOSSE. Paris. — Imp. VERDIER, 18, rue d'Enghien.

ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

ÉCOLE SPÉCIALE DE MÉCANICIENS ET DE NAVIGATION

Subventionnée, patronnée ou recommandée par l'Etat,
les Grandes Compagnies de Navigation et les principales Industries

73, boulevard Pereire, PARIS-XVII^e^ (12^e^ Année)

DIRECTEUR J. GALOPIN, ✪, INGÉNIEUR CIVIL, EX-OFFICIER MÉCANICIEN

Ce n'est qu'à force d'efforts patients et longs que les hommes peuvent s'élever sur l'échelle sociale. **L'Enseignement par Correspondance permet à chacun de travailler seul les matières qu'il veut, quand il le peut et comme il le désire.**

COURS ENSEIGNÉS :

Mathématiques, Mécanique, Machines à vapeur, Moteurs, Dessin, Électricité, Automobile, Aviation, T. S. F., Langues, etc.

250 ouvrages rédigés par 90 professeurs spécialistes

Le nombre de cours suivis à l'Ecole a dépassé 130.000 en 1917

Résultats aux Concours et Examens : 96 %

Placement gratuit
par la Société des anciens élèves
(Plus de 3.000 situations procurées)

Revue Technique Mensuelle
LE MÉCANICIEN ÉLECTRICIEN
(Tirage : 10.000)
envoi gratuit d'un exemplaire sur demande.

1907	10 élèves
1908	32 élèves
1909	54 élèves
1910	87 élèves
1911	185 élèves
1912	313 élèves
1913	1.189 élèves
1914	2.157 élèves
1915	3.213 élèves
1916	3.918 élèves
1917	5.623 élèves

MARINE DE GUERRE

Tous les Concours du Pont, de la Machine et des Bureaux

MARINE MARCHANDE

Tous les Examens d'Officiers du Pont et de la Machine

ARMÉE

Préparation spéciale et rapide à tous les Cours d'Aspirants

ADMINISTRATIONS

Arsenaux, Mines, Ponts-et-Chaussées, Postes et Télégraphes, Poudres et Salpêtres, Chemins de Fer, Manufactures de l'Etat, Douanes, Ministères, etc.

ÉCOLES SPÉCIALES

École Centrale, Supérieure d'Électricité, d'Aéronautique, des Ponts, des Postes, etc.

INDUSTRIE

L'école délivre des diplômes pour toutes les branches de l'Industrie et à tous les grades : Ingénieurs, Sous-Ingénieurs, Chefs d'Atelier, Conducteurs, Contremaîtres, Monteurs, Surveillants.

Renseignements et Programme de 140 pages gratis

De nombreux élèves appartenant à des établissements techniques ou universitaires complètent de la plus heureuse façon l'enseignement qu'ils reçoivent sur place dans ces écoles, en suivant à **l'Ecole Spéciale de Mécaniciens et de Navigation** *quelques cours supplémentaires* **par Correspondance.**

Utile à tous, indispensable à la plupart, **l'Enseignement par Correspondance** *est le moyen le plus certain d'améliorer votre situation* **aujourd'hui ou demain.**

"LES APPLICATIONS DU MOTEUR BALLOT AUX ARMÉES"

LE PROCHAIN NUMÉRO DE LA "SCIENCE ET LA VIE"
PARAITRA EN JANVIER 1919